



Mikko Jakobsson

## **Tavoitekustannusperusteinen talotekniikkasuunnittelu asuinrakennuksissa**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 23.10.2016

Valvoja: Professori Risto Lahdelma

Ohjaaja: Ville Räikkönen, DI



---

**Tekijä** Mikko Jakobsson

---

**Työn nimi** Tavoitekustannusperusteinen talotekniikkasuunnittelu asuinrakennuksissa

---

**Laitos** Energiatekniikan laitos

---

**Professuuri** Energiatekniikka

---

**Professuurikoodi** Ene-59

---

**Työn valvoja** Professori Risto Lahdelma

---

**Työn ohjaaja(t)** Ville Räikkönen, DI, Optiplan Oy

---

**Päivämäärä** 24.8.2016

**Sivumäärä** 59+3

**Kieli** suomi

---

Tavoitekustannus on Japanin autoteollisuudessa kehitetty menetelmä tuotteiden kustannusten hallitsemiseksi. Tavoitekustannusajattelun perustana on tuotteen hinnoittelu vastaamaan laadullisia kriteereitä. Tavoitekustannus on yleisesti käytössä eri teollisuuden aloilla, mutta rakentamisalalla sen hyödyntäminen on vielä vähäistä. Rakennusalan kustannusta ohjaa pääosin hinta, joka siten määrittelee laadulliset tavoitteet. Lisäksi kustannusten seuranta rakennushankkeissa on vaiheittaista, jolloin suunnitteluvaiheen kustannusohjaus on vähäistä.

Työssä selvitettiin tavoitekustannusajattelun soveltuvuutta asuinrakennuksen talotekniikkasuunnitteluun. Työssä selvitettiin perinteisen suunnitteluprosessin kulku ja sitä verrattiin tavoitekustannusprosessiin. Lisäksi tarkasteltiin eri suunnitteluvalintojen merkitystä kustannusten muodostumiseen. Työn tavoitteena oli luoda asuinrakennusten talotekniseen suunnitteluprosessiin sopiva tavoitekustannusmalli sekä luoda työkaluja kustannusseurantaan prosessin suunnitteluvaiheessa. Tarkastelu keskittyi LVI-tekniikkaan.

Tavoitekustannussuunnitteluprosessin kulku sovitettiin rakennuslaskennalla yleisesti käytettäviin prosesseihin tuomalla eri prosessin vaiheisiin tavoitekustannusajattelun mahdollistavia tehtäviä. Kustannusseurantaan helpottavia työkaluja luotiin tarkastelemalla suunniteltujen kohteiden, joista osa oli rakenteilla ja osa jo valmistunut, kustannusrakenteita. Kustannukset selvitettiin suunnitelmista saadun tiedon ja kustannuslaskentaohjelmiston avulla.

Työssä todettiin tarkasteltujen kohteiden määrän osittain riittämättömäksi tarkkojen kustannusarviotyökalujen luomiseksi, sillä valittujen kohteiden eri toteutusratkaisut poikkesivat liikaa toisistaan eikä samanlaisuutta ollut riittävästi verrattavissa. Kustannustarkastelulla tunnistettiin useita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, joihin suunnittelunohjauksella voidaan vaikuttaa. Tavoitekustannusajattelun todettiin kuitenkin sopivan asuinrakennusten talotekniseen suunnitteluprosessiin. Rakennusalan hitaan muutosten omaksumisen johdosta työssä päädyttiin täysin uuden prosessin tilalta suosittelemaan allianssimallia, jonka oleellisena osana on tavoitekustannusajattelu. Allianssimalli on rakennuslaskennalla yleisesti tunnettu urakkamuoto.

---

**Avainsanat** Tavoitekustannus, kustannuslaskenta, kustannusarviointi, suunnitteluprosessi, talotekniikkasuunnittelu

---



---

**Author** Mikko Jakobsson

---

**Title of thesis** Target costing based building services engineering in residential buildings

---

**Department** Department of Energy Technology

---

**Professorship** Energy Technology

---

**Code of professorship** Ene-59

---

**Thesis supervisor** Professor Risto Lahdelma

---

**Thesis advisor** Ville Räikkönen, M.Sc. (Tech.)

---

**Date** 24.8.2016

---

**Number of pages** 59+3

---

**Language** finnish

---

Target costing is a method of product cost management invented in Japan. One of the basic ideas is to define the costs of a product based on the market driven expectations and quality wanted. Target costing is popular in and widely used in manufacturing industries but in construction companies it is not much exploited. In construction industry it is common that first the price is set, which then defines the quality. The cost tracking in a building process is done only in some parts of the process when in design phase it should be paid more attention.

The suitability of target costing to a building services design engineering process in residential buildings was explored. The traditional work flow in a construction process was compared to a target costing process in product manufacturing. Also the impacts of different system choices to costs was studied. The objective of this work was to create a target costing process for building services engineering in residential business and create tools to improve cost tracking especially in the design phase.

The target costing process was created by modifying the commonly used process to include tasks concerning target costing. The tools for cost tracking was created by studying the costs of already designed buildings. The costs was computed from the design data and calculated with a cost accounting program.

The amount of projects used to cost calculations could not provide enough data to create precise cost estimation tools. The technical solutions within the projects were too wide to give enough information of single systems. Although the data wasn't precise enough, several factors impacting the costs were discovered. These costs can be easily managed within the design phase. The usage of project alliances is presented as the target costing process. Target costing is already included in project alliance and it is also more well-known in construction business

---

**Keywords** Target costing, cost estimation, design process, building services engineering

---

## Alkusanat

*Työ on toteutettu Optiplan Oyn palveluksessa ja heidän aloitteestaan. Aihe oli jalostunut yhtiössä jonkin aikaan, kunnes sitä tarjottiin minulle. Aihe vaikutti kiinnostavalta, sillä se käsitteli mielestäni ajankohtaista ja tärkeää asiaa. Työn aihe ei ollut tekninen, joten se tarjosi mahdollisuuden nähdä alan muitakin puolia.*

*Työtä varten yritykselle hankittiin työn tekemistä helpottavaa ohjelmistoa, jonka käyttöönotto ja opettelu olivat osa projektia. Ohjelmiston käyttöönotto ja käyttö opetti asiasta paljon sellaista, mikä ei näissä tuloksissa näy. Haluankin kiittää riittävien puitteiden tarjoamisesta työn tekemiseksi.*

*Työ opetti minulle hyvin suunnitteluprosessin kulun sekä kustannuslaskennan saloja. Nämä asiat olivat entuudestaan hieman tuntemattomampia, joten ne laajensivat näkemystäni alasta suuresti. Eritoten kustannusten laskennasta ja analysoinnista koen olevan suurta hyötyä nyt ja tulevaisuudessa. Näiden asioiden tietoisuutta tulisi lisätä jokaisen LVI-suunnittelijan osalta, sillä suunnittelijan ja suunnitteluryhmän valinnat rakennuksen kustannuksiin ovat valtavat. Myös yksittäisten valintojen kustannusvaikutus voi olla suuri jolloin kustannustietous auttaa oikean valinnan tekemisessä.*

*Haluan kiittää Optiplan Oy:tä mahdollisuudesta tehdä diplomityö sekä heidän tukeaan työn tekemiselle. Lisäksi haluan kiittää työn ohjaajaa Ville Räikköstä näkemyksistä työn sisällöstä sekä ohjaamisesta kohti valmista diplomityötä. Lisäksi haluan kiittää kaikkia jotka ovat edesauttaneet tämän työn valmistumista. Vihdoinkin se on valmis!*

Espoo 24.8.2016

Mikko Jakobsson

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo	7
Lyhenteet ja merkinnät	9
1 Johdanto	10
1.1 Tutkimuksen tausta	10
1.2 Tutkimuksen tavoite ja raja	10
1.3 Tutkimuksen toteutus	10
2 Rakennusprosessin kustannushallinta	11
2.1 Kustannuslaskenta rakennusliikkeessä	11
2.2 Rakentamisen kustannusten arviointi ja hallinta	12
3 Mikä on target costing?	14
3.1 Tavoitekustannuksen määrittäminen	14
3.2 Target costing rakentamisessa	16
4 Nykyinen suunnitteluprosessi	17
4.1 Nykyisen prosessin vaiheet	18
4.1.1 Tarveselvitys	18
4.1.2 Hankesuunnittelu	18
4.1.3 Luonnossuunnittelu	19
4.1.4 Toteutussuunnittelu	19
4.1.5 Rakentaminen	20
4.1.6 Takuu aika	20
4.2 Prosessin ongelmakohtia	20
5 Kustannusarviointi ja muut työkalut	21
5.1 Kustannusarviotyökalut	21
5.1.1 Työkalun luonti ja taustatiedot	21
5.1.2 Tunnusluvut kustannusarviointiin	25
5.1.3 Muut kustannuksiin liittyvät seikat	36
5.2 Big Room	39
5.3 Tietomallintaminen	41
6 Target costing suunnitteluprosessin käytännön toteutus	42
6.1 Target costing suunnitteluprosessi	42
6.1.1 Tarveselvitys	43
6.1.2 Hankesuunnittelu	44
6.1.3 Suunnittelun valmistelu	45
6.1.4 Ehdotussuunnittelu	46
6.1.5 Yleissuunnittelu	48
6.1.6 Rakennuslupatehtävät	49
6.1.7 Toteutussuunnittelu	49
6.1.8 Rakentamisen valmistelu	50
6.1.9 Rakentaminen	51
6.1.10 Käyttöönotto	52
6.1.11 Takuu aika	52
6.2 Vaikutukset suunnitteluun	53
6.3 Palkkiomalli	54
6.4 Toimintamalli	55
7 Johtopäätökset	55
Lähdeluettelo	57

Liiteluettelo .....	59
Liitteet	

## Lyhenteet ja merkinnät

brm <sup>2</sup>	Rakennuksen bruttoala
hum <sup>2</sup>	Rakennuksen huoneistoala
qv	Käyttöveden mitoitusvirtaama
Q	Käyttöveden normivirtaamien summa

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Nykyinen vallitseva talotekniikan suunnittelumalli asuinrakentamisessa sisältää monia tiedostettuja ongelmia, jotka hidastavat ja vaikeuttavat suunnittelu- ja tuotekehitystyön läpiviemistä. Yksi suurista ongelmista on talotekniikan kustannusten käsittely ja huomiointi prosessin aikana. Useimmiten projektin alkuvaiheessa luotu kustannusarvio kulkee projektin mukana. Pahimmillaan arvio on päivittämättä vastaamaan toteutettavia järjestelmiä, jolloin se aiheuttaa taloudenpidollista haittaa. On myös tilanteita jolloin kustannusajattelu peittää alleen kaiken muun, kuten arvoajattelun. Tällöin määräävänä tekijänä ovat vain projektin kokonaiskustannukset, kun myös projektin tuottaman arvon tulisi olla mukana. Pahimmillaan toteutunut tuote saattaa olla ristiriidassa toteuttajan arvojen ja näkemyksien kanssa, koska kustannusajattelu on ollut ainoa vaikuttava tekijä.

Usein projekti alkaa selkeän tahtotilan siivittämänä. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin se, että tahtotilaa ei välttämättä vaalitakaan projektin loppuun asti, vaan se muuttuu kesken hankkeen. Muuttuneen tahtotilan muutokset eivät kuitenkaan välttämättä aina siirry lopputulokseen. Muutoksien kustannusvaikutuksien huonolla huomioinnilla on suuri vaikutus projektin lopputulokseen, varsinkin jos alkuvaiheen karkeat budjettilaskelmat pysyvät vallitsevina.

Rakentamisprosessi on usein jakautunut usean tekijän summaksi. Jokainen prosessissa mukana oleva ajaa omaa taloudellista etuaan, eikä niinkään prosessin etua. Tämä saattaa johtaa lopputuloksen kannalta ratkaisuihin, jotka eivät palvele prosessia kokonaisuutena.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Työn tavoitteena on tutkia, kuinka teollisuudessa käytetty tavoitekustannusajattelu (target costing) soveltuu asuinrakennuksien talotekniikkasuunnitteluun ja kustannusseurantaan. Tavoitteena on tuoda esiin suunnittelijan kannalta olennaiset työkalut kustannushallintaan, joista tärkeimpänä on kustannusten arviointityökalu. Työkalun tavoitteena on helpottaa kustannushallintaa suunnitteluprosessin aikana sen eri vaiheissa. Tutkimuksen tavoitteena on myös kehittää suunnitteluprosessia niin, että yhteistyö eri tahojen välillä on tehokkaampaa ja se mahdollistaa paremman lopputuloksen. Lisäksi tavoitteena on kustannuslaskentaohjelmiston käyttöönotto yrityksessä.

Tutkimus käsittelee vain asuinrakennuksia, tarkemmin eriteltynä kerrostaloja. Talotekniikkaa edustaa pääosin LVI-tekniikka. Prosessin ja kustannustarkastelujen osat on tehty vain LVI-suunnittelijan näkökulmasta.

Työssä pääosassa on kustannusnäkökulmat. Suunnittelijalle on laadittu kustannusten arviointimenetelmä tavoitekustannuksen saavuttamisen arvioimiseksi. Sen lisäksi erilaisten suunnittelu- ja järjestelmäratkaisujen hintavaikutuksia on tutkittu kustannusten arvioimiseksi ja kustannusvaikutusten tunnistamiseksi.

## 1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen tiedonkeruuvaihe on toteutettu kirjallisuustutkimuksena, jossa on tutkittu aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja tehtyä tutkimusta. Tiedonkeruussa on käytetty myös haastatteluja. Lisäksi on perehdytty suunnittelijoiden tehtäviin ja prosessin läpivientiin käytössä olevien suunnittelijoiden tehtäväluetteloiden kautta.



Uuden prosessin kulku taloteknisen suunnittelijan näkökulmasta on kuvattu käyttäen hyväksi jo olemassa olevia tehtäväkokonaisuuksia työssä esitetyin lisäyksin. Kustannustyökalun laadinnassa on hyödynnetty olemassa olevia suunnitelmia sekä alalla käytettyjä kustannuslaskentaperiaatteita. Kustannuslaskenta on toteutettu käyttämällä siihen tarkoitettua sovellusta.

## **2 Rakennusprosessin kustannushallinta**

### **2.1 Kustannuslaskenta rakennusliikkeessä**

Talotekniikan kustannukset arvioidaan ensimmäisen kerran hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa esim. EstiModel ohjelmalla. EstiModel on rakennusyhtiön NCC:n käyttämä kustannuslaskentaohjelma, joka on yrityksen itsensä kehittämä ja ylläpitämä. EstiModel on tilalaskentaohjelma, joka tuottaa syöttötietojen perusteella eritellyn TALO 80 nimikkeistön mukaisen kustannusarvion koko rakennuksesta. Laskentaohjelman kustannustieto perustuu referenssikustannuksiin, jotka ovat kustannuksia toteutuneista rakennuskohteista. Luonnosvaiheen kustannusarvio laaditaan käytettävissä olevien arkkitehtisuunnitelmien pohjalta, ja on mahdollista että rakennuksen talotekniikasta ei tässä vaiheessa ole juuri minkäänlaista tietoa. (Kilpeläinen 2014.)

EstiModel ohjelman avulla tarkastellaan hankkeen kannattavuutta. Ohjelman luoman kustannusarvion perusteella tehdään päätelmät kannattavuudesta ja kannattavuuden perusteella tehdään päätelmät hankkeen jatkosta. Ongelmana ja epätarkkuutta aiheuttavana tekijänä on lähtötietojen puute laskelmaa laadittaessa. Usein taloteknisten järjestelmien tyypistä ei ole saatavilla tietoa kustannusarvion laadintavaiheessa, joten se tuo haastetta kustannusarvion laatijalle sekä epätarkkuutta arvioon. Laskelman tekijän oma ammattitaito on siis suuressa osassa taloteknisiä järjestelmiä arvioitaessa. (Kilpeläinen 2014.)

Kilpeläisen mukaan seuraavan kerran kustannusarvio laaditaan urakkatarjousvaiheessa todellisten kustannusten arvioimiseksi. Hankintainsinööri käy läpi kohteen suunnitelmat ja laatii niiden pohjalta arvionsa kustannustasosta. Työkaluna kustannusten määrittämiseen on Excel-pohjaiset laskurit ja käytettävissä on toteutuneita kustannuksia muista yrityksen kohteista. Laskuriin syötetään oma arvio talotekniikan kustannuksista perustuen laskijan käytössä oleviin referensseihin ja omaan ammattitaitoon ja näkemykseen. Hinnoittelun perusteena ovat tietynlaiset tunnusluvut kustannuksille, joihin laskijan tekemä hinta-arvio pohjautuu. Tunnuslukujen oikeellisuus on hyvinkin tarkka, sillä asuntorakentamisessa käytetään paljon vakioituja ratkaisuja joiden pohjalta tunnusluvut on määritetty.

Tunnuslukuja käytetään myös vertailuun kohteiden kesken. Tunnuslukuina on esimerkiksi hinta asuntoa kohden, asuinneliötä tai yksittäistä asuntoa kohden. Myös tilavuuteen suhteutettuja tunnuslukuja käytetään. Tunnusluvut ovat tarkkoja kun kyseessä on rakennus, jossa on pelkkiä asuntoja. Mutta esimerkiksi autohallin kustannuksia on vaikeampaa arvioida.

Toinen mahdollinen tapa kustannusten selvittämiseen on valmiiden suunnitelmien massalistojen hyödyntäminen. Suunnittelija laatii osana suunnittelua massalistan, josta

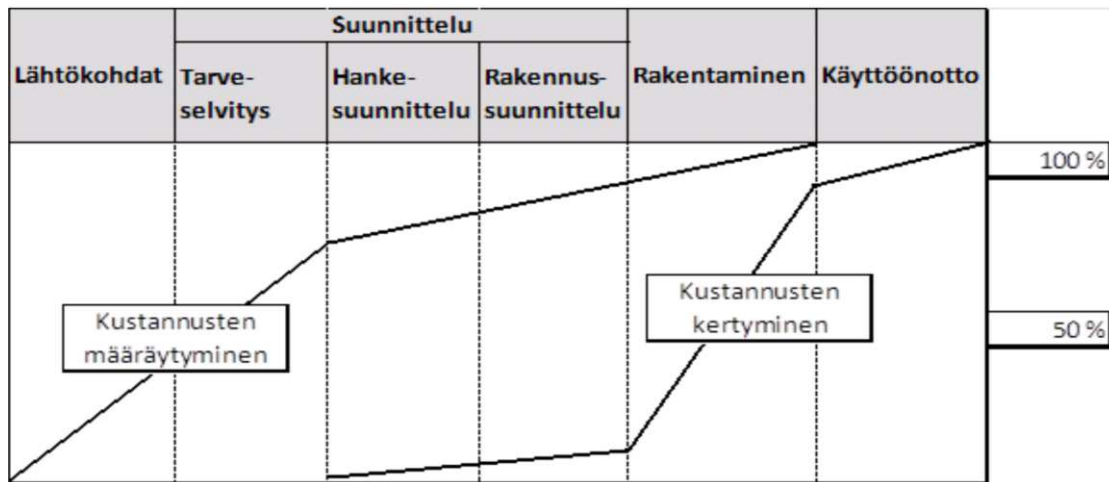
ilmenee suunnitelmissa esitettyjen tuotteiden määrätiedot. Tällaisia tietoja ovat mm. putki- ja kanavametrioiden määrä, kalusteiden ja laitteiden kappalemäärät sekä eristeiden määrät. Myös erilaisten mutkien ja kaarien määrät voi sisällyttää listaukseen. Näin tehtyä massalistaa voi hyödyntää urakkalaskenta ohjelmistossa, johon massalistan sisältämät tiedot voidaan viedä. Urakkalaskentaohjelmistona voi käyttää ECOM- tai Broker ohjelmia, jotka ovat laajasti käytössä Suomessa LVI-urakoitsijoiden keskuudessa. Ohjelma sisältää tuotteiden hankintahinnan sekä tuotteen asentamiseen kuluneen työn määrän. Näiden perusteella ohjelma laskee hinnan, joka sisältää tuotteiden hankintahinnat sekä työn kustannukset.

Kustannuslaskelmia ei välttämättä tarkenneta luonnossuunnittelun ja toteutussuunnittelun välillä, mikä saattaa aiheuttaa kustannusepä tarkkuutta. Hankkeen alussa tehty kannattavuusselvitys kulkee hankkeen mukana ja toteutussuunnitteluvaiheessa tehty kustannuslaskenta on tukena urakoitsijoiden valinnassa. Todellisuudessa arviot osuvat kuitenkin hyvin lähelle oikeaa, kattavasta referenssipohjasta ja hankkeiden samankaltaisuudesta johtuen. Hankintainsinöörien arvioiden mukaan tarkkuus on noin 2 % luokkaa. Kustannusarvio palvelee tässä tapauksessa kuitenkin vain hankkeen alkuvaiheita, sillä sitä ei tarkenneta hankkeen edetessä. Jos valmiiden suunnitelmien pohjalta tehty kustannusarvio eroaa selvityshinnasta rakentajan kannalta negatiivisesti, joudutaan miettimään ratkaisuja kustannusten pienentämiseen. Tämä vaatii kuitenkin paljon lisätyötä ja selvitystä, sillä saatu tieto on käytettävissä vasta suunnitteluprosessin päätyttyä. (Kilpeläinen 2014.)

## ***2.2 Rakentamisen kustannusten arviointi ja hallinta***

Rakentamisessa kustannusarvioita ja laskelmia tehdään koko ajan projektin edetessä. Jokaisessa hankkeen vaiheessa tehdään kustannusarvioita ja laskelmia, jotka perustuvat sen hetken tietoihin. Talonrakennushankkeen kustannushallinta voidaan Mika Lindholmin (2009) mukaan jakaa neljään vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on tarveselvitysvaiheessa kustannusten ennustaminen. Toinen vaihe käsittää hankesuunnitteluvaiheessa tehtävän kustannustavoitteen määrittämisen asetettujen kriteerien perusteella. Kolmas vaihe on rakennussuunnitteluvaiheen kustannusohjausta, jossa suunnittelua pyritään ohjaamaan kustannusoptimaalisesti. Neljäs vaihe käsittää tuotantovaiheessa tehtävän hankelaskennan, joka pitää sisällään esimerkiksi kustannusarviolaskentaa, tarjouslaskentaa ja tuotannon budjetointia.

Tyypillisessä rakentamishankkeessa tilaajana toimiva taho suorittaa usein suunnittelun ohjausta sekä kustannuslaskennallisia toimia, kuten tavoitehinnan määrittäminen sekä suunnitelmien kustannusten arviointi. Suunnittelun ohjauksella pyritään estämään päätöksiä, joilla on turha negatiivinen vaikutus kustannuksiin. Suunnittelun ohjauksen tärkeys perustuu alla olevaan kuvaan 1, jossa on esitetty kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa. Kuten kuvasta voidaan nähdä, määräytyy suurin osa hankkeen kustannuksista jo ennen rakennussuunnitteluvaiheen alkua ja rakentamisen alkaessa on suurin osa kustannuksista jo määräytynyt. Vastaavasti taas kustannukset kertyvät pääosin rakennusvaiheen aikana.



Kuva 1. Rakentamisen kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Lindholm 2009.)

Tärkeä osa rakennushankkeen kustannushallintaa on kustannustavoitteen määrittäminen, joka on perusta myös kustannusohjaukselle. Kustannustavoite pohjautuu hankkeelle määriteltuihin laajuus-, laatu-, aikataulu- ja sijaintivaatimuksiin. Kustannustavoite pohjautuu edellä mainittujen seikkojen lisäksi myös tilaohjelmaan, jossa on määritelty ja kuvailtu rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiset tilat. Tätä kutsutaan myös hankkeen sisällön määrittämiseksi. Hankkeelle saadaan kustannustavoite tilaohjelmaan pohjautuen, kun tiedetään esitettyjen tilojen kustannustietoja, esimerkiksi referenssitietojen tai erilaisten osittelujen perusteella saatuihin kustannuksiin. Kustannustavoitetta laatiessa on myös syytä huomioida esim. rakennusajankohdan, sijainnin sekä mahdollisten laskentavirheiden ja riskien vaikutus kustannustavoitteeseen. (Vuorela, Urpola, Kankainen 2001.) Rakennusajankohdan vaikutuksia on esimerkiksi viivästynyt rakentamisen aloitus, jolloin suhdanteet ja markkinatilanne on saattanut vaikuttaa työvoima ja materiaalikustannuksiin. Rakennusajankohdan vaikutuksia voidaan huomioida käyttämällä kustannusindeksejä, jolloin myöhäisemmän aloittamisen vaikutukset voidaan arvioida indeksien avulla. (Lindholm 2009.)

Rakennussuunnitteluvaiheessa on arvioitava myös suunnitelmien mukaisen rakennuksen toteuttamisen kustannukset. Tällöin käytetään usein rakennusosalaskentaa, jossa eri rakennusosille lasketaan kustannukset käyttäen ennalta määritettyjä rakennusosien todellisia kustannustietoja. Eri rakennusosien määrät saadaan suunnitelmista. Rakennusosalaskentaa saatetaan tehdä hankkeen eri vaiheissa, jolloin haasteeksi muodostuu kustannuslaskenta keskeneräisistä suunnitelmista. Tällöin osa määristä joudutaan arvioimaan ja näin ollen kustannusarvion tarkkuus riippuu suuresti laskijan ammattitaidosta ja laskentatyökaluista. (Vuorela, Urpola, Kankainen 2001.) Määrien ollessa tiedossa hinnoitellaan ne eri tietolähteistä saatavilla hinnoilla. Lopputuloksena saadaan kaikkien määriteltujen rakennusosien kustannusten summa, eli suunnitelmia vastaava kustannus.

### 3 Mikä on target costing?

Tavoitekustannus-ajattelu on Japanin autoteollisuudessa 1960-luvulla kehitetty kustannustenhallintamalli uusien tuotteiden kehitykselle. Tämä malli on tänäkin päivänä käytössä monissa menestyneissä japanilaisyrityksissä ja sen hyötyjen edesauttamana sen käyttö on levinnyt maailmalla. Tavoitehintajattelu japaninkielinen sana ”Genkakikaku” viittaa tavoitekustannuslaskentaan. Yleisemmin käytetty vastaava englanninkielinen termi on ”target costing”. (Monden ja Hamada 1991.)

Tavoitekustannusajattelulle on monenlaisia määritelmiä, joissa kaikissa kuitenkin on taustalla sama perusajatus. Michiharu Sakurain (1989) määritelmän mukaisesti tavoitehintamalli on kustannusten hallintatyökalu, jolla arvioidaan tuotteen kustannukset sen elinkaaren aikana yhteistyössä tuotannon, suunnittelun, tuotekehityksen, markkinoinnin ja kirjanpidon yhteistyönä. Monden ja Hamada (1991) on määritellyt tavoitekustannusajattelun systeemiksi, joka tukee kustannusten alentamista täysin uuden mallin tai muutoksen kehittämisessä ja suunnittelussa. Tässä määritelmässä on taustalla tavoitekustannuksen alkuperä japanin autoteollisuudessa. Robin Cooperin (1992) mukaan tavoitekustannus-ajattelun tavoitteena on tuottaa myytäessä haluttu voittomarginaali.

Tavoitekustannusajattelun lähtökohtana on tuottaa tuote, joka vastaa asiakkaan tarvetta ja muodostaa tuotteelle tavoitekustannus halutun voittomarginaalin ja tuotteen myyntihinnan perusteella. Sen lisäksi tavoitekustannusajatukselle on ominaista, että sitä käytetään uuden tuotteen kehitys- ja suunnitteluvaiheessa. Tavoitekustannusajattelu ei myöskään ole perinteinen kustannusjohtamistyyli, mutta sen tavoitteena on kustannusten alentaminen. Myös erilaisia johtamiseen liittyviä metodeita käytetään, sillä tavoitekustannusajattelu sisältää kehitys- ja suunnitteluvaiheen johtamista. Olennaisena osana on myös monien eri osastojen yhteistyö, jotta tuotteelle saadaan määriteltyä tavoitekustannus muustakin kuin tuotantoon liittyvistä näkökulmista. (Monden ja Hamada 1991.) Osasyynä tavoitekustannusajattelun kehitykselle on kustannuksia määräytyminen suunnitteluvaiheessa. Tavoitekustannusajattelulla kustannuksia voidaan tarkastella. (Kee, 2010.)

Kuten määritelmistä voidaan päätellä, on tavoitehintajattelu moniulotteinen kustannustenhallintamenetelmä. Tärkeinä tekijöinä on hinnan määrittäminen markkinatilanteen ja asiakkaiden tahtotilan mukaan, yrityksen eri osa-alueiden yhteistyö ja yrityksen haluaman katteen aikaansaaminen. Näiden kaikkien tekijöiden yhdistelmänä muodostuu tuotteen tavoitehintajattelu.

#### 3.1 Tavoitekustannuksen määrittäminen

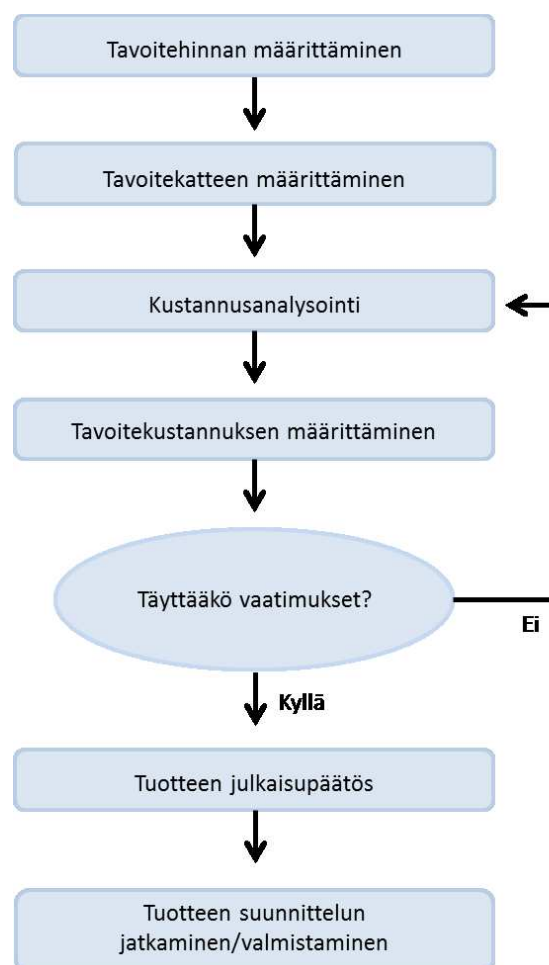
Tuotteen tavoitehintajattelu määritellään arvioimalla markkinatilannetta ja asiakkaiden tahtotilaa hinnan ja ominaisuuksien suhteen. Markkinoiden vaatimien ominaisuuksien perusteella tuotteen parissa työskentelevä projektiryhmä määrittää sille markkinakelpoisen myyntihinnan. Tätä varten tarvitaan jo määritelmässä esiintynyt poikkitieteellinen projektiryhmä, jossa on osaamista kaikilta tuotteen myyntiin saamiseksi tarvittavilta tahoilta.

Tavoitehinnan määrittämisen jälkeen tuotteelle määritellään haluttu kate, joka on yhtiön tavoitteiden ja ohjeistuksien mukainen. Katetavoite voi olla erilainen erilaisille tuotteille ja sen määrittämiseen tarvitaan yrityksen tavoitteiden lisäksi taloudellista osaamista.

Tavoitehinnan ja tavoitekatteen määrittämisen jälkeen saadaan tuotteen tavoitekustannukset, jotka ovat tavoitehinnan ja tavoitekatteen erotus. Tämä erotus on kustannus, joka ei saa ylittyä halutun hinnan ja katteen toteutumiseksi. Toisin sanoen tämä on kustannus, johon sisältyy tuotteen kehitys-, suunnittelu- ja valmistamisvaiheet. Tästä kustannuksesta käytetään myös nimitystä sallitut kustannukset ("allowable cost"), mikä tarkoittaa maksimikustannusta, jolla asetettu tuottovaatimus täyttyy.

Usein tavoitekustannukseen pääsemiseksi tarvitsee analysoida vanhojen tuotteiden kustannusten muodostumista ja tunnistaa kohdat, joiden kustannusten tarkentaminen auttaa tavoitekustannukseen pääsemisessä. Kustannusten analysoinnissa on tärkeänä osana arvosuunnittelu. Arvosuunnittelu on Mondenin ja Hamandan (1991) määritelmän mukaan tuotteiden toiminnallisuuden ja niistä aiheutuvien kustannusten suhde. Tavoitekustannusmaailmassa arvosuunnittelulla vaikutetaan tuotteen hintaan sen erilaisten ominaisuuksien ja käyttömahdollisuuksien kautta. Arvosuunnittelua voidaan hyödyntää vielä tuotantovaiheessakin.

Jos tavoitekustannus täyttää asetetut vaatimukset, voidaan tuotteen sanoa olevan kannattava. Tämä on kuitenkin vain arvio, joten tuotteen jatkokehittelystä tai valmistelusta on syytä tehdä päätös, varsinkin jos prosessin läpiviemisestä on kulunut aikaa. Jos tuotteen kannattavuus ei täytä vaatimuksia, voi arvosuunnittelulla tarkentaa tuotteen eri osien kustannuksia ja sitä kautta saavuttaa vaatimukset.



Kuva 2. Tavoitekustannuksen määrittämisen prosessi (Gagne ja Disenza 1995)

### 3.2 *Target costing rakentamisessa*

Target costingia, eli tavoitekustannusajattelua, on käytetty Suomessa onnistuneesti suurissa projekteissa. Pennanen mainitsee tavoitekustannusajattelulla tehtyä kustannusajattelua käytetyksi esimerkiksi Yrkeshögskola Arcadan kampusprojektissa 2000-luvun alussa. (Pennanen ja Ballard 2008.) Vastaavasti esimerkiksi Yhdistyneissä Kuningaskunnissa on vuonna 2000 käynnistynyt projekti, jossa maan puolustusministeriö on rakennuttanut kaksi urheilu ja vapaa-ajan keskusta (Nicolini, et. al. 2000.)

Tavoitekustannus noudattaa rakentamisessa samoja periaatteita kuin esim. teollisuudessa. Aiemmin esitetyt perusajatuksien tulee esiintyä myös rakennushankkeissa. Pennanen mukaan joissain tapauksissa niiden periaatteiden noudattaminen on kuitenkin hankalaa. Esimerkiksi teollisuudessa vertailemalla kilpailijoiden tuotteita ja niiden myyntihintoja, voidaan tuotteelle asettaa realistinen hintataso. Rakentamisessa taas rakennus on enemmän tai vähemmän uniikki, joka tuo kustannustarkasteluihin haastetta. Normaalisti rakentamisessa on monia muuttujia ja siihen vaikuttavat erinäiset tahot, kuten esimerkiksi rakennuskaava, suunnittelijat, rakennuttaja ja käyttäjä, mikä tuo rakennukseen aina erilaisuutta.

Pennanen ja Ballard (2008) tuovat tekstissään esille kaksi erilaista tapaa määrittellä tavoitekustannus. On mahdollista että rakennuksen rakennuttaja määrää sallitut kustannukset sen perusteella mitä he ovat valmiita maksamaan talosta, joka sisältää tietynlaisia heidän vaatimiaan ominaisuuksia. Vastaavasti on mahdollista että projektiryhmä määrittelee annettujen vaatimustasojen mukaan hinnan uusimpien käytäntöjen mukaan rakennettuna.

Kuten teollisuudessaakin, on rakentamisessa yksi perusasia mikä pysyy samana. Mikäli odotetut kustannukset (expected cost) ylittyy, ei hanke voi edetä ilman toimenpiteitä. Tämä voi tarkoittaa sitä, että rakennukseen käytettävällä rahasummalla ei saa vaatimusten mukaista rakennusta tai rakennus ei vastaa toiminnallisuudeltaan ja tekniikaltaan sitä lisäarvoa mikä sen on odotettu tuovan. Tällöin hankkeen eteenpäin viemiseksi on muokattava odotettuja kuluja, joko tekemällä rakennuksesta arvokkaampi liiketoiminnalle, tai karsimalla ei niin tärkeitä arvoja. (Pennanen ja Ballard 2008.)

Pennanen (2009) on myös esittänyt rakennushankkeelle ominaisen prosessin kulun. Siinä tavoitekustannusprosessi aloitetaan tutustumalla ja arvioimalla liiketoimintamalli. Tämän jälkeen voidaan määrittää rakennuttajan arvot ja projektin tavoitteet. Tässä vaiheessa määritellään siis esimerkiksi halutut tilat ja erilaiset vaatimustasot. Seuraava vaihe on sallittujen kustannusten määrittely, jossa perustana on käytettävien varojen määrä, investoinnin priorisointi sekä halutut taloudelliset edut. Sallittujen kustannusten jälkeen määritellään odotetut kustannukset projektiryhmän asiantuntemuksen avulla. Odotettujen kustannusten määrittelyssä voidaan käyttää erilaisia vertailuarvoja. Mikäli odotetut kustannukset ylittävät sallitut kustannukset, on tavoitteiden määrittely tarvittaessa tehtävä uudestaan. Tavoitteiden uudelleenmäärittely voi tapahtua esimerkiksi poistamalla ei tärkeitä komponentteja tai tiloja, tilojen käyttötarkoituksia uudelleenpohtimalla tai määrittelemällä vaatimustasoa uudelleen. Tällöin sallitut kustannukset tulee myös määrittellä uudestaan.

Kun odotetut kustannukset alittavat tai ovat yhtä suuret kuin sallitut kustannukset, voidaan prosessissa edetä. Tällöin tulee määrittää tavoitekustannus, jonka on oltava pienempi tai yhtä suuri kuin odotetut kustannukset. Mikäli tavoitekustannus on pienempi kuin odotetut kustannukset, ajaa se kohteen suunnittelijat innovointiin ja halvempien

ratkaisujen keksimiseen. Tämän jälkeen voidaan aloittaa varsinainen suunnitteluvaihe. Suunnittelu alettua kannattaa tavoite- ja kustannusohjauksen mahdollistamiseksi sekä urakoitsijoiden/suunnittelijoiden tavoitteiden määrittämiseksi. (Pennanen ja Ballard 2008.)

## 4 Nykyinen suunnitteluprosessi

Nykyinen suunnitteluprosessi perustuu pitkälti RT-kortin 10-10827 Asuntosuunnittelun tehtäväluettelo mukaiseen ryhmittelyyn. Tehtäväluetteloon on poimittu tehtävät ja hankkeen vaiheet rakennuttamisen ja suunnittelun tehtäväluetteloista vuodelta 95. LVI-suunnittelijan tehtävät on esitetty seikkaperäisemmin LVI-kortissa LVI 03-10242 (Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo, TATE 95). Vuonna 1995 julkaistujen ohjekorttien mukaan hanke jakautuu kuuteen vaiheeseen, jotka ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, luonnossuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto. Hankkeen jokaiselle vaiheelle on määritelty jokaiselle suunnitteluun osallistuvalla taholla omat tehtävänsä tehtäväluetteloiden perusteella. Kortistossa käytetty jako on rakennuttaja (RAP), arkkitehti (ARK), rakennesuunnittelija (RAK), LVI-suunnittelija (LVI), sähkösuunnittelija (SÄH) ja tietojärjestelmäsuunnittelija (TJÄ), joka pitää sisällään rakennusautomaatiosuunnittelun (RAU) sekä tele- ja turvasuunnittelun (TEL). Talotekninen suunnittelu kattaa LVI-, sähkö- ja tietojärjestelmäsuunnittelun.

Suunnittelijan tehtäväsisältö sovitaan erikseen ja se kirjataan sopimukseen. LVI-kortin tehtäväluettelo on tarkoitettu suunnittelijan tehtävien määrittämiseen. Talukossa 1 on esitetty hankkeen vaiheet sekä LVI-suunnittelijan tavanomaiset tehtävät. Suunnittelutehtävien sisältö päätetään hankkeen mukaan, mutta usein ne ovat hyvinkin vakioituja ja noudattavat TATE 95 jakoa. Suunnittelija voi tehdä, ja usein tekee, myös erillistehtäviä erikseen sovittuna.

*Taulukko 1. Nykyisen suunnitteluprosessin vaiheet, tavoitteet ja tehtävät*

Hankkeen vaihe	Vaiheen tarkoitus	LVI-suunnittelijan tehtävät
Tarveselvitys	Hankkeeseen ryhtymisen perustelu, tarpeen täyttävän ratkaisun etsiminen	Erilaisten toteutusvaihtoehtojen esittäminen
Hankesuunnittelu	Hankkeen laadulliset ja sijaintiin vaikuttavat seikat tarkempaan muotoon kustannusarviota varten	Lähtötietojen tarkistus, kustannusarvio
Luonnossuunnittelu	Valitaan käytettävät suunnitteluratkaisut rajausten mukaisesti	Tilantarpeiden ja palvelualueiden määrittely, mallitilasuunnitelma
Toteutussuunnittelu	Luonnossuunnitelmat tarkennetaan rakentamiseen vaadittavaan tarkkuuteen	Pohja- ja asemapiirroksien, ristiinvertailu, järjestelmien yhteensovittaminen ja mitoitus, varauspiirustukset, työselitys
Rakentaminen	Varsinaisen rakennusprosessin läpivienti	Lisä- ja muutostyöt, valvonta, laitehyväksynnät, vastaanottotarkastus
Takuuaika	Rakennuksen todellisen käytön aikaa	Takuutarkastus

## **4.1 Nykyisen prosessin vaiheet**

### **4.1.1 Tarveselvitys**

Tarveselvitys laaditaan sen jälkeen, kun on havaittu tarve kohteelle esimerkiksi markkinatilanteeseen tai tilanpuutteeseen perustuen. Tarveselvityksellä perustellaan, miksi hankkeeseen kannattaa ryhtyä. Sen lisäksi siinä esitetään tarpeen täyttävät tila- ja tekniset ratkaisut tai niiden erilaiset mahdollisuudet. Tarveselvityksessä esitetään myös taloudellisia reunaehdoja ja tarkastellaan esitettyjen vaihtoehtojen kustannustarkasteluja.

Tarveselvitysvaihe päättyy hankepäätöksen tekemiseen. Sen valmistelussa saatetaan laatia erilaisia suhdanne- yms. analyyskejä, jotta taloudellinen kannattavuus on perusteltua. Jo tiedetyn laajuuden perusteella usein tarkastellaan tarvittavia lupia ja muita vaatimuksia, jotta niiden vaikutukset hankkeen läpiviemiseksi on selvillä.

Taloteknisen suunnittelijan tehtävät tarveselvityksessä on usein hyvin vähäisiä. Usein tässä vaiheessa ei välttämättä käytetä suunnittelijan palveluita, vaan rakennuttajan omasta organisaatiosta löytyy osaamista ja henkilökuntaa kattamaan suunnittelijan tehtävät. Taloteknisen suunnittelijan tehtävät ovat pääasiassa erilaisten selvityksen tekemistä tai niihin liittyvää konsultointia. Pääasiallinen tehtävä talotekniikkaan liittyen on erilaisten suunnittelu/toteutusvaihtoehtojen esittäminen.

### **4.1.2 Hankesuunnittelu**

Hankesuunnitelmassa tarkennetaan tarveselvitystä niin, että sen perusteella voidaan tehdä päätös investomisesta. Tämä tarkoittaa sitä, että hankesuunnitelmassa tarkennetaan hankkeen laajuus, tekniset vaatimukset, rakennuspaikka, laatutekijät ja ajoitukseen liittyvät tekijät. Hankesuunnitelman tärkeimpänä osana on edellä mainittujen seikkojen mukanaan tuomat kustannukset ja niistä tehty kustannusarvio. Tämän kustannusarvion ja kannattavuustarkastelun perusteella tehdään investointipäätös.

Hankesuunnitelmassa voidaan myös tuoda esiin yllä mainitut seikat erilaisille toteutusvaihtoehdoille, jotka täyttävät tarveselvityksessä esitetyt kriteerit. Tällöin hankesuunnitteluvaiheessa valitaan esitysten perusteella sopivin toteutustapa.

Taloteknisen suunnittelijan tehtäviin hankesuunnitteluvaiheessa kuuluu lähinnä konsultointitehtävät ja erilaisten vaihtoehtojen esilletuonti. Suunnittelijan tulee tarkistaa hankesuunnitelmaan kirjattavat suunnittelun lähtötiedot (sisäilmasto, valaistus, muunneltavuus jne.), jotta ne mahdollistavat halutun kaltaisen lopputuloksen. Tehtäviin voi myös kuulua selvitys rakennuspaikan soveltuvuudesta, johon kirjataan tiedot liittymistä muiden järjestelmiin, mahdollinen tontin hyödyntäminen energiansaannissa ja erilaiset rasitteet. Suunnittelijan on hyvä ottaa myös kantaa esitettyyn aikatauluun taloteknisten asioiden osalta. Myös kustannusarvio valitun tai esitetyn taloteknisen järjestelmän osalta kuuluu osittain suunnittelijan tehtäviin.

Myös hankesuunnitteluvaiheessa taloteknisen suunnittelijan saattaa korvata rakennuttajan oma edustaja. Tällöin hän tekee edellä mainitut asiat taloteknisen asiantuntijan roolissa.



### 4.1.3 Luonnossuunnittelu

Hankesuunnitelman rajausten mukaisesti luonnossuunnitteluvaiheessa esitetään suunnitteluratkaisuja ja valitaan käytettävät suunnitteluratkaisut. Vaiheen päättävät hyväksytyt luonnossuunnitelmat, joiden perusteella edetään seuraavaan vaiheeseen.

Luonnossuunnittelun aikana rakennuttaja tai sen edustaja ohjaa suunnittelua niin, että suunnitelmilla päästään haluttuun lopputulokseen. Rakennuttaja myös ohjaa suunnitteluprosessin kulkua ja tekee tarvittavia päätöksiä sen loppuun viemiseksi. Tässä vaiheessa usein myös tarkennetaan hankkeen aikataulutusta.

Usein talotekninen suunnittelija valitaan viimeistään hankkeen edettyä luonnossuunnitteluvaiheeseen. Toteutettavien luonnossuunnitelmien lähtökohtana on hankesuunnitelmassa esiin tuodut ehdot, joiden pohjalta suunnittelija esittää talotekniset ehdotussuunnitelmat. Usein tässä vaiheessa selvitetään teknisten tilojen tilantarvetta, raskaiden laitteiden sijoituspaikkoja ja kuljetusreittejä, järjestelmien palvelualueita ja pääjohtoreittejä. Lopputuloksena on luonnossuunnitelma, joka sisältää mm. mallihuone/kerrossuunnitelmat, rakennustapaselostuksen, pääjohtoreitit, jäähdytys- ja lämmitystehot sekä järjestelmäkaaviot. Tarvittaessa luonnossuunnitelmien pohjalta laaditaan kustannuslaskelma.

### 4.1.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelu ja luonnossuunnittelu saattavat joissain tapauksissa olla samaa vaihetta tai ne voivat olla lähes samanaikaisia. Toteutussuunnittelu alkaa, kun edellisen vaiheen luonnossuunnitelmat on hyväksytty. Toteutussuunnitteluvaiheessa luonnossuunnitelmat tarkennetaan niin, että suunnitelmien tarkkuus vastaa rakentamiseen vaadittavaa tarkkuutta.

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakentajien edustaja edelleen ohjaa ja valvoo suunnittelua, mihin keinoina ovat usein suunnittelukokoukset. Näissä kokouksissa valvotaan suunnittelun edistymistä ja osoitetuissa tavoitteissa pysymistä. Lisäksi niissä tehdään aikatauluseurantaa ja ratkaistaan ongelmia.

Taloteknisen suunnittelijan tehtävänä on tuottaa dokumentit, joilla rakennus pystytään rakentamaan. Tätä varten hyväksytyt luonnossuunnitelmat tarkennetaan riittävään tarkkuuteen. Tätä varten tarkennetaan laaditut pohja- ja asemapiirroksat sekä vertaillaan ja yhteen sovitetaan suunnitelmat muiden suunnittelijoiden kanssa. Usein myös laitteiden vaatimukset tuodaan esille ja määritellään kaikkien järjestelmien keskinäinen integrointi ja toiminta. Tärkeänä osana on myös järjestelmien mitoittaminen ja siihen liittyvien arvojen ja tietojen esittäminen. Suunnitelmien ollessa hyvässä tarkkuudessa laaditaan myös varauspiirustukset.

Taloteknisen suunnittelijan tuottamia dokumentteja on työselitys, pohja- ja asemapiirroksat, leikkaukset ja detaljit, erilaiset kaaviot ja työselitykset.

Toteutussuunnitteluvaihe päättyy rakentamispäätökseen. Tehtyjen suunnitelmien perusteella laaditaan kustannusarvioita ja tarjouspyyntöjä, joiden avulla arvioidaan hankkeen kannattavuutta ja kokonaiskustannuksia. Mikäli hanke koetaan kannattavaksi tehtyjen vertailujen perusteella, tehdään siitä rakentamispäätös ja siirrytään rakentamisvaiheeseen. Jos rakennuttaja kokee hankkeen kannattamattomaksi, teettää se

kannattavuutta parantavia muutoksia. Tällaisia voi olla järjestelmämuutokset, rakennemuutokset tai koko rakennuksen uudelleen suunnitteleminen.

#### **4.1.5 Rakentaminen**

Rakentamisvaiheessa tuotetuilla suunnitelmilla rakennetaan haluttu lopputulos. Rakennuttaja huolehtii siitä, että rakentaminen edistyy aikataulun mukaisesti. Lisäksi rakennuttajan tehtäviin kuuluu sovitun maksuaikataulun mukaisten maksujen hoitaminen ja erilaisten rakennusaikaisten päätösten tekeminen. Lisäksi rakennuttajan on valvottava ja ohjattava rakentamista ja teettää mahdollisesti ilmenevät lisä- ja muutostyöt. Työkaluina valvontaan on erilaiset kokoukset ja katselmukset, joihin osallistuu aina niihin liittyvät tahot.

Suunnittelijan tehtävät liittyvät lisä- ja muutostöihin, valvontaan ja erilaisiin tarkastuksiin sovitun laajuuden mukaisesti. Tehtäviin voi kuulua työmaakokouksiin osallistuminen ja mahdollisten muutosten- ja lisäysten päivittäminen suunnitelmiin. Lisäksi tehtäviin voi kuulua aikatauluun ja tekniseen toteutukseen liittyviä valvontatehtäviä. Usein suunnittelija osallistuu myös laitteiden asennus- ja toimintatarkastuksiin sekä rakentamisen lopussa vastaanottotarkastukseen.

Vaihe päättyy vastaanottotarkastuksen jälkeen vastaanottopäätökseen. Vastaanottopäätös voidaan tehdä kun rakennuksen on todettu tehdyksi ja toimivan suunnitelmien mukaisesti.

#### **4.1.6 Takuuaika**

Takuuaika alkaa vastaanottopäätöksen jälkeen ja se on aikaa kun rakennus on käytössä. Toisin sanoen käyttäjä/käyttäjät muuttavat taloon ja sen käyttö ja hallinta on siirretty niistä vastaaville organisaatioille. Takuuaikana seurataan laitteiden toimintaa, tehdään mahdollisia säätöjä/korjauksia ja varmistetaan sen oikeanlainen käyttö mahdollisten virheiden tai puutteiden havaitsemiseksi. Takuuaika päättyy takuutarkastukseen.

Takuuajan tehtäviin talotekniikan suunnittelijoille kuuluu ennalta sopimuksessa sovittuja tehtäviä. Ne voivat liittyä järjestelmien toimivuuden ja käytön seurantaan tai yleisluontoisiin tekniikan valvontatehtäviin. Suunnittelijan tulee kuitenkin osallistua takuutarkastukseen, jossa takuuvaihe saatetaan päätökseen.

### **4.2 Prosessin ongelmakohtia**

Nykyisellään käytettävissä olevan prosessin ongelmakohtina on osapuolien yhteistyön puute ja kustannusten seuraaminen. Yhteistyön puute johtuu tilanteesta, jossa jokainen prosessin osapuoli ajaa omaa etuaan oman taloudellisen etunsa takia. Tämä heijastuu pahimmillaan lopputulokseen heikentyneenä laatuna ja loppukäyttäjä joutuu kärsimään tästä. Nykyisessä toimintatavassa on jokaisen palkkioon sidottu tehtävät ja tehtävien laadulle on tietynlaiset määritteet. Jokainen osapuoli pyrkii suorittamaan tehtävänsä kunnialla, kuitenkin seuraten vain omaa taloudellista tilannettaan. Esimerkiksi talotekninen suunnittelija seuraa omaa ajankäyttöään prosessissa, jotta hanke olisi hänen kannaltaan kannattava. Vastaavaa tekevät muut suunnittelijat. Rakentaja tai rakennuttaja taas seuraa kuluja, joita häneltä kuluu tuotteen rakentamiseksi jotta mahdollisesti saatava

kate pysyy hänen kannaltaan hyvänä. Pahimmillaan tämä johtaa heikkenevään laatuun työssä, joka on asukkaan kannalta kaikkein huonoin lopputulos. Toisin sanoen siis jokainen varjelee omaa taloudellista etuaan, eikä niinkään yhteistä taloudellista etua.

Yksi ongelma suunnitteluprosessissa on myös kustannusseuranta. Seuranta suoritetaan tapauskohtaisesti. Usein se suoritetaan ennen suunnittelun alkua kannattavuuden arvioimiseksi, seuraavan kerran urakkatarjousvaiheessa ja lopuksi rakentamisen päätyttyä. Kustannusseuranta on ongelmallista, sillä suunnittelu hajautetaan eri tahoille, vaikka kustannusseuranta ei varsinaisesti näille tahoille jaeta. Näin ollen esimerkiksi koko suunnitteluvaihe kuluu ilman kustannusseuranta, vaikka juuri tässä vaiheessa talotekniikkaan liittyviä kustannuksia vielä määräyty. (Lindholm 2009). Mikäli kustannukset havaitaan vasta suunnitteluvaiheen jälkeen ylittäneen tavoitteen, on siinä vaiheessa tehty paljon ylimääräistä työtä. Lisäksi kustannusten alentaminen vaatii paljon lisätyötä.

Ongelmana tai heikkoutena voidaan myös pitää suunnitelmien tarkkuutta. Nykyisellään mallintamista ei tehdä täysimääräisenä kaikille suunniteltaville kohteille, vaan täysin mallinnettavia kohteita on vain osa suunnitelluista. Vanhan toimintatavan mukainen suunnittelu on toimivaa, mutta nykyään tietotekniikan yleistyessä voidaan suunnitelmien tarkkuutta ja informaation sisältöä parantaa huomattavasti mallintamalla. Mallintaminen on myös muille projektin osapuolille havainnollisempi kuin nykyinen tasokuva. Mallinnus myös tuo esille ristiriitaisuudet eri suunnitelmien välillä, mikä nykyään saattaa jäädä suunnitteluvaiheessa huomioimatta. Tällöin ne huomataan usein vasta rakennusvaiheessa, mikä mahdollisesti lisää kustannuksia.

## **5 Kustannusarviointi ja muut työkalut**

### **5.1 Kustannusarviotyökalut**

#### **5.1.1 Työkalun luonti ja taustatiedot**

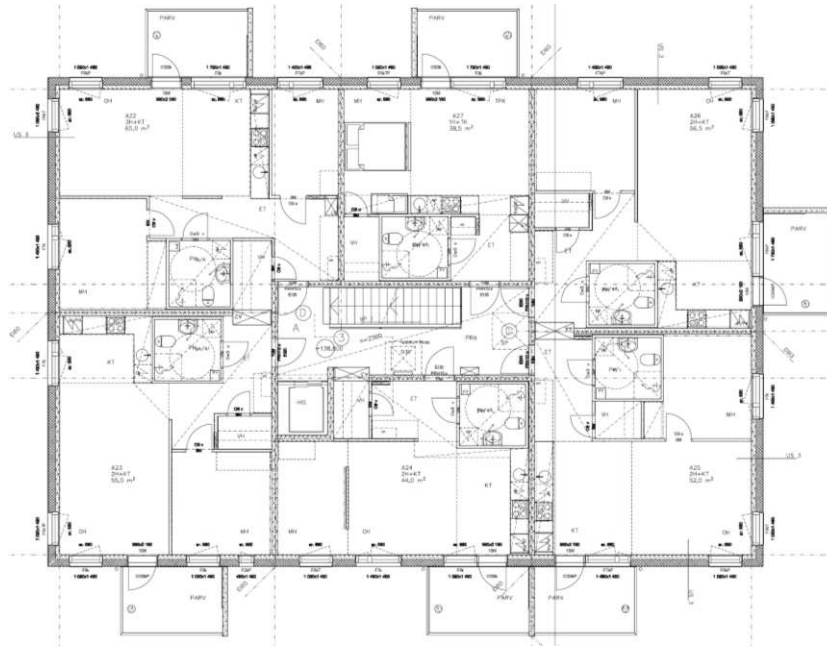
LVI-suunnittelijalle on kehitetty kustannusarviointia varten työkalu, jolla pystytään arvioimaan eri LVI-järjestelmien kustannuksia ja vertailemaan niitä keskenään. Sen tarkoituksena on toimia suunnittelijan tukena tavoitekustannuksen määrittämisessä ja tavoitteessa pysymisessä. Työkalu pohjautuu suunnitelmista saatuu materiaalitietoon ja niiden pohjalta laskettuun kustannusarvioon. Kustannusarvio sisältää materiaalien hankintahinnan sekä LVI-toimialan työehtosopimuksen perusteella laskettujen työsuoritusten hinnan.

Kustannusarviotyökalun tarkoitus on mahdollistaa kustannusarvion laadinnan projektin eri vaiheissa. Työkalua voidaan käyttää jo vaiheissa, joissa rakennuksen varsinainen tekninen suunnittelu ei ole vielä käynnistynyt ja tiedossa on vain käyttötyyppi ja alustavia pinta-ala tietoja. Suunnittelun edetessä ja asioiden tarkentuessa on työkalulla mahdollista tarkentaa kustannusarviota suunnittelutilannetta vastaavaksi.

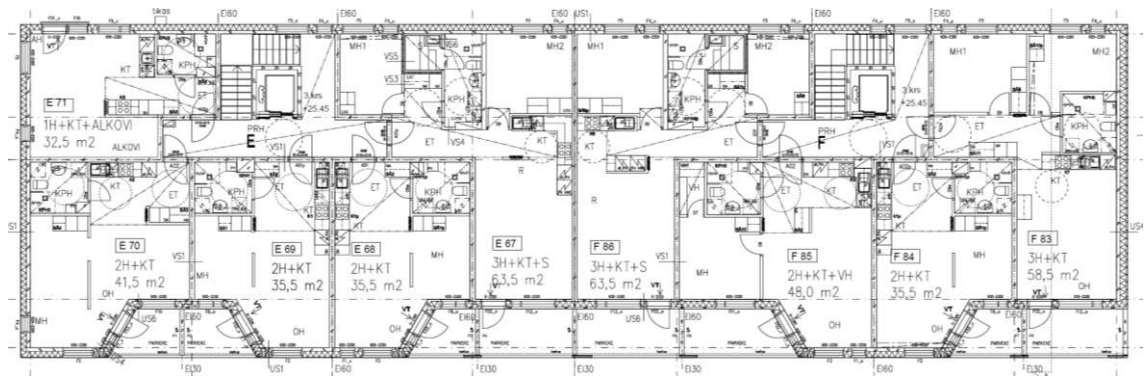
Kustannuslaskennan pohjana on käytetty jo suunniteltujen asuinkerrostalojen LVI-suunnitelmia, joista on saatavilla massalistasaus. Suunnitelmista on kerätty massalistan muodossa kaikki niissä esiintyvät artikkelit (esim. putket, kanavat, päätelaitteet, kojeet, vesi- ja viemärikalusteet). Suunnitelmat on luotu MagiCad suunnitteluohjelmistolla ja käytetyt suunnitelmat on vuosilta 2011–2014. Kaikki suunnitelmat on mallinnettuja,

mutta mallinnuksen tarkkuus ja taso vaihtelee. Osa rakennuksista on rakennettu, osa rakenteilla ja osassa suunnitelmat on rakentamisvalmiudessa.

Työkalun referenssisuunnitelmiksi on valittu suunnitelmia, joissa esiintyy eri tavalla toteutettuja rakennuksia. Rakennukset on valittu kattamaan erityyppisiä kerrostaloja: rakennus voi olla tyypiltään pistetalo (yksi porrashuone, kuva 3), tai lamellitalo (useampi porrashuone, kuva 4); ilmanvaihtojärjestelmä on joko hajautettu tai keskitetty ja niiden lämmönjakotapana on joko patterilämmitys, lattialämmitys tai niiden yhdistelmä. Referenssikohteista on myös saatavilla laajuus- ja pinta-alatietoja. Kohteiden ominaisuudet on esitetty taulukoissa 2 ja 3.



**Kuva 3. Pistetalon asuinkerroksen pohjakuva**



**Kuva 4. Lamellitalon asuinkerroksen pohjakuva**

Rakennuksissa, joissa on parkkihalli, on materiaalit pyritty erottelemaan kattamaan parkkihallin ja asuinosaan materiaalit. Rakennuksissa on myös jäähdytys/tuloilman viilennysjärjestelmiä, joiden kustannuksia ei tässä ole huomioitu, muuten kuin niiden lämmitys-, vesi- ja viemäri- sekä ilmanvaihtojärjestelmään vaikuttavilta osin. Myöskään rakennuksen ulkopuolisia vesi- ja viemärijohtoja ja niihin liittyviä kaivoja ei ole huomioitu laskennassa. Laskenta siis kattaa kaiken talon sisäpuolisissa LVI-suunnitelmissa esiintyvän materiaalin.

Taulukko 2. Pistetalojen LVI-järjestelmät ja ominaisuudet

Kohde	Lämmitys		Ilmanvaihto		Autohalli
	Patteri	Lattialämpö	Keskitetty	Hajautettu	
Kohde 1	x		x		-
Kohde 2	x		x		x
Kohde 3	x			x	x
Kohde 4	x			x	x
Kohde 9	Yleiset tilat	Asunnot	x		-
Kohde 11	Yleiset tilat	Asunnot	x		-
Kohde 13	x		x		-
Kohde 14	x		x		-

Taulukko 3. Lamellitalojen LVI-järjestelmät ja ominaisuudet

Kohde	Lämmitys		Ilmanvaihto		Autohalli
	Patteri	Lattialämpö	Keskitetty	Hajautettu	
Kohde 5	x		x		-
Kohde 6	x	Märkätiloissa	x		-
Kohde 7	x			x	-
Kohde 8	x			x	-
Kohde 10	Yleiset tilat	Asunnot	x		-
Kohde 12	Yleiset tilat	Asunnot			-

Suunnitelmien perusteella saatu kustannus on laskettu Broker Estimate ohjelmalla, joka on Oy Mercus Software Ltd:n luoma ohjelma kustannusarvioiden ja tarjouslaskelmien tekemiseen. Ohjelma laskee tuotteiden hinnat perustuen tukkureiden ja valmistajien hinnastoihin. Työn keston ja hinnan ohjelma määrittelee Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimuksen mukaisesti. Työehtosopimuksessa on normiajat eri suorituksille kattaen erikseen putkiasennusalan, putkieristysalan ja ilmanvaihtoalan. Normiaika tarkoittaa työehtosopimuksessa esitetyn yksikön asennusaikaa. Broker Estimate laskee yhteen suunnitelmien artikkelien vaatimat asennusajat saaden niistä normituntien summan. Eri töiden normituntien summan ja normituntikerroimen pohjalta saadaan urakkasumma.

Eri alojen urakkasummat määritellään hieman eri tavalla. Putki- ja ilmanvaihtoalan urakkasumma määritellään ns. suoran urakan perusteella, jolloin urakkasumma on normituntien summan ja normituntikerroimen tulo. Normituntikerroin on rahamäärä, joka asentajalle maksetaan palkkana yhdestä normitunnista. Normituntikerroin ei sisällä minkäänlaisia lisiä. Eristystyön urakkahinta lasketaan urakkayksiköiden ja rahakertoimien tulona. Erona on, että eristystyön urakkayksikkö ei vastaa yhden tunnin työtä, jolloin eristystyön rahakerroin on erilainen.

$$US = NHS \times NHK + UYS \times RK, \quad (1)$$

jossa US on kokonaisurakkasumma, NHS on normituntien summa, NHK normituntikertoimen summa, UYS on eristystyön urakkayksiköiden summa ja RK on eristystyön rahakerroin (LVI-TU ja Rakennusliitto 2014, s87-121.)

Ohjelmistolla saatava urakkasumma kattaa tässä tapauksessa kulut, jotka tulevat asennustöistä maksettavista palkoista ja materiaalien hankintahinnoista. Asennustyön hintaa laskettaessa käytetään työehtosopimuksen mukaista normituntikerrointa sekä sosiaalikuluprosenttia todellisen työn hinnan saamiseksi. Sosiaalikuluprosentiksi laskennassa on määritelty 75 % ja se edustaa kulua, joka työnantajalle tulee työntekijän sosiaalikuluiksi. Sosiaalikulu määritellään lasketusta asennustyön kustannuksesta kaavalla

$$\text{asennustyön kustannus (€)} * 0,75 = \text{sosiaalikulu (€)} \quad (2)$$

Näin ollen todellinen asennustyön hinta on sosiaalikulun ja asennustyöstä aiheutuvan kulun loppusumma. (Verohallinto 2015.)

Materiaalien hankintakustannukset ohjelma määrittää tukkureiden ja valmistajien hinnastoista huomioimalla mahdolliset alennusprosentit. Laskenta valitsee automaattisesti tuotteelle halvimman hinnan eikä näin ollen esimerkiksi valitse tuotteita vain yhden toimittajan valikoimista. Kustannusten laskija voi myös määrittää tuotteille itse hinnan, mikäli se ei ole saatavilla tukkurin hinnastosta.

Laskennan lopputuloksena saadaan kulu, joka kattaa asentajien palkat sivukuluineen sekä materiaalien hankintakustannukset. Kulu ei ole siis todellinen urakkatarjoushinta, sillä se ei sisällä katetta, työnjohdon palkkakuluja, mahdollisia matka-, päiväraha-, majoituskuluja eikä muita työehtosopimuksessa mainittuja kuluja. Urakkatarjoushintaan vaikuttaa myös urakkasisällöt, joka todennäköisesti poikkeaa laskennan sisällöstä. Suunnitelmissa esiintyvät laitteet ja kojeet saattaa olla jaettu urakkarajaliitteessä eri tavalla kuin ne on tehdyissä laskelmissa laskettu. Usein esimerkiksi vesikalusteet ja/tai ilmanvaihtokoneet ovat jonkun muun kuin ko. urakoitsijan hankinnassa, mikä oleellisesti vaikuttaa urakkatarjoushintaan. Näin ollen urakkatarjoushinta on todellisuudessa huomattavasti korkeampi. Sen laskemiseksi Broker Estimella pitää edellä mainitut asiat ottaa huomioon.

Kustannuslaskennan pohjana ollut tuotteiden massa on suunniteltu MagiCad suunnitteluohjelmalla. Suunnitteluohjelman massalistaustyökalua käyttäen suunnitelmien sisältö saatiin ryhmiteltyä niin, että se voitiin syöttää Broker Estimateen. Massalistauksen ja Brokerin tuotteista käyttämät nimitykset linkitettiin, jotta myöhemmin samalla nimikkeellä oleva tuote tunnistuu automaattisesti Brokeriin. Se tieto, jota suunnitelmista ei ollut saatavina mutta vaikuttaa oleellisesti kustannuksiin, lisättiin Brokeriin manuaalisesti. Tästä esimerkkinä ovat putkistojen ja viemärien kannakkeet, joista tieto suunnitelmissa ei ole siinä muodossa että se esiintyy massalistassa vaan ne on lisättävä käsin. Brokerissa tuotetieto ja asennuskustannus yhdistyvät paketiiksi, niissä tapauksissa joissa tuotteelle löytyy asennuskustannus. Esimerkiksi putkiston asennuskustannus sisältää kannakoinnin ja suunnanvaihtotuotteet, mutta laskennassa järjestelmään syötetään erikseen putkimetrimäärä, suunnanmuutososat ja asennustavan mukaiset kannakkeet. Kuva Brokerin tuotenäkymästä on esitetty kuvassa 5.

Tiedosto Muokkaa Näytä Ikkuna Ohje										
Kaikki (ei arkistoitua)										
+	Lämmitys	1,00	50 266,08	35 553,82	0,00	0,00	85 819,91			
+	Vesi- ja viemäri	1,00	160 248,53	77 946,02	0,00	0,00	238 194,55			
+	Ilmanvaihto	1,00	139 494,73	62 220,07	0,00	0,00	201 714,81			
+	Autohalli	1,00	15 414,60	4 179,49	0,00	0,00	19 594,09			
+	IV-konehuone	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
+	Peruserkerros	1,00	124 080,13	58 040,59	0,00	0,00	182 120,72			
+	PI8103322 00W							418,80	1 701,17	2 677,73
+	PI8103323 00W							1 288,40	5 957,30	8 237,81
+	PI8103324 00W							52,20	301,01	389,77
+	PI8103325 00W							601,20	4 143,47	4 489,11
+	PI8103326 00W							121,70	1 043,14	1 080,13
+	PI8103327 00W							32,80	335,18	326,31
+	PI8103328 00W							16,10	295,11	182,85
+	PI8104122-01							12,00	0,00	76,73
+	PI8104124 KÄYRÄ DOUBLEDUCT KY DD 15 125	1,00	KPL	83,20	0,00	0,00	0,00	83,20	83,20	
+	PI8100154-01 KÄYRÄ KY 30 125	1,00	KPL	21,00	0,00	0,00	0,00	21,00	80,64	134,27
+	PI8100156 KÄYRÄ KY 30 200	3,00	KPL	23,13	0,00	0,00	0,00	7,71	23,13	214,91
+	PI8100124 00W KÄYRÄKYN 45 D 100 perusasennus							109,00	391,31	696,93
+	PI8100126 00W KÄYRÄKYN 45 D 125 perusasennus							223,00	807,26	1 425,82
+	PI8100128 00W KÄYRÄKYN 45 D 160 perusasennus							14,00	74,90	149,29
+	PI8100130 00W KÄYRÄKYN 45 D 200 perusasennus							59,00	399,43	629,17
+	PI8100132 00W KÄYRÄKYN 45 D 250 perusasennus							42,00	426,30	522,06
+	PI8100134 00W KÄYRÄKYN 45 D 315 perusasennus							17,00	231,03	265,66
+	PI8100136 00W KÄYRÄKYN 45 D 400 perusasennus							2,00	36,42	37,65
+	PI8100094 00W KÄYRÄKYN 90 D 100 perusasennus							77,00	287,21	492,32
+	PI8100096 00W KÄYRÄKYN 90 D 125 perusasennus							408,00	1 864,56	2 608,68
+	PI8100098 00W KÄYRÄKYN 90 D 160 perusasennus							6,00	39,60	63,98
+	PI8100100 00W KÄYRÄKYN 90 D 200 perusasennus							20,00	187,00	213,28
+	PI8100102 00W KÄYRÄKYN 90 D 250 perusasennus							3,00	44,55	37,29
+	PI8100104 00W KÄYRÄKYN 90 D 315 perusasennus							1,00	18,54	15,63
+	PI8100288 00W LÄHTÖKAULUS D 100/100 perusasennus							1,00	2,62	6,39
+	PI8100292 00W LÄHTÖKAULUS D 125/100 perusasennus							6,00	16,74	38,36
+	PI8100300 00W LÄHTÖKAULUS D 160/125 perusasennus							1,00	3,02	10,66
+	PI8100308 00W LÄHTÖKAULUS D 200/125 perusasennus							3,00	9,51	31,99
+	PI8100318 00W LÄHTÖKAULUS D 250/125 perusasennus							3,00	10,47	37,29
+	PI8100428 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 125/100 perusasennus							1,00	3,41	6,39
+	PI8100432 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 160/125 perusasennus							2,00	6,74	21,33
+	PI8100438 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 200/160 perusasennus							2,00	7,60	21,33
+	PI8100444 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 250/160 perusasennus							1,00	5,83	12,43
+	PI8100446 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 250/200 perusasennus							1,00	6,05	12,43
+	PI8100452 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 315/250 perusasennus							1,00	7,76	15,63
+	PI8100484 00W MUUNTOYHDE P/OSA D 400/315 perusasennus							1,00	26,90	18,82
+	PI8100614 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 100 perusasennus							75,00	122,25	479,54
+	PI8100616 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 125 perusasennus							135,00	217,35	863,17
+	PI8100618 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 160 perusasennus							15,00	24,60	159,96
+	PI8100620 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 200 perusasennus							7,00	13,58	74,65
+	PI8100622 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 250 perusasennus							10,00	29,30	124,30
+	PI8100624 00W TULPPA OSALLE BDEG-1 315 perusasennus							3,00	12,84	46,88

Kuva 5. Broker Estimaten tuoterakenne

Tuotteet syötetään Brokeriin niin, että eri järjestelmien kustannukset on helposti luettavissa. Tämä tarkoittaa sitä että lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmä sekä ilmanvaihtojärjestelmä eritellään omiksi kokonaisuuksiksi. Edellä mainittu jako sisältää niihin liittyvät eristykset. Näiden ryhmittelyjen alle tehdään vielä jaottelu, jossa on erikseen autohallia, ilmanvaihtokonehuonetta ja muita tiloja palvelevat tuotteet niiden kustannusten mahdollista tarkastelua varten. Joissain tapauksissa myös muun laisia jakoja on käytetty halutun seikan kustannusten arvioimiseksi. Lisäksi on saatettu tarkistella esimerkiksi vain yhden asuinkerroksen kustannuksia järjestelmittäin.

### 5.1.2 Tunnusluvut kustannusarviointiin

Aiemmin kuvattua laskentatapaa noudattaen on voitu määrittää erilaisia tunnuslukuja LVI-järjestelmille erilaisissa taloissa. Tunnuslukujen tarkoituksena on helpottaa kustannusarvion tekemistä suunnitteluvaiheissa, joissa ei ole käytettävissä valmiita suunnitelmia. Tunnusluvuilla pyritään vaikuttamaan eritoten suunnittelun alkuvaiheisiin, joissa tiedossa ei ole välttämättä kuin laajuustietoja. Tällöin järjestelmien vertailu on mahdollista ja sen lisäksi voidaan antaa suuntaa-antava kustannusarvio.

Tunnusluvuilla tarkoitetaan tässä yhteydessä lukua, joka kertoo hinnan valittua yksikköä kohden. Tässä tapauksessa se voi tarkoittaa hintaa pinta-alaa, kerrosten määrää, tilavuusvirtaa tai vaikka asuntoja kohden. Kaikille järjestelmille on kuitenkin laskettu yhteisinä tunnuslukuina kustannukset huoneisto- ja bruttoalaa sekä asuntojen, rappujen ja kerrosten määrää kohden. Muuten tunnuslukuja on määritelty erilaisia eri järjestelmille.

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty eri järjestelmille laskettujen yhteiset tunnuslukujen arvot talotyypeittäin ja ilmanvaihtojärjestelmän mukaan eriteltynä.

*Taulukko 4. Pistetalojen yhteiset tunnusluvut*

Kohde	Keskitetty IV						Hajautettu IV	
	1	2	12	13	9	11	3	4
€/brm2	91,74	67,91	83,07	86,54	79,72	85,78	89,07	75,79
€/hum2	128,8	118,5	128,2	122,5	133,3	101,5	138,2	141,1
€/asunto	6596	6112	7098	8092	12363	8437	10156	10345
€/kerros	35909	61120	40221	30347	40460	40979	40623	65026
€/rappu	161593	366720	241323	121387	445062	286855	324986	227591

*Taulukko 5. Lamellitalojen yhteiset tunnusluvut*

Kohde	Keskitetty IV			Hajautettu IV	
	5	6	10	8	7
€/brm2	78,11	73,24	82,31	114,3	104,4
€/hum2	113,6	140,1	158,8	169,5	149,8
€/asunto	7120	7473	13114	7754	7867
€/kerros	61706	119569	217687	62034	84566
€/rappu	185119	179354	181406	124069	338265

Tunnuslukuja on määritetty monenlaisia, jotta niiden toimivuutta kustannusarviointiin on voitu arvioida. Lisäksi eri tunnusluvut saattavat olla tarpeellisia eri vaiheissa suunnittelua. Suunnittelun ensimmäisissä vaiheissa, kun tiedossa ei ole kuin jonkinlaisia pinta-alatietoja, voidaan käyttää eri aloihin perustuvia tunnuslukuja. Suunnittelun edetessä ja asioiden tarkentuessa, voidaan kustannusraviota muokata käyttäen muita tunnuslukuja. Kun asuntojen määrä on tiedossa, voidaan kustannuksia pyrkiä arvioimaan myös asuntojen määrän avulla. Suunnitelmien valmistuttua kokonaan tai osittain voidaan kustannusarvio laatia käyttämällä Broker-ohjelmistoa.

Jokaiselle järjestelmätyypille on myös laskettu lukuja pelkän asuinkerroksen kustannuksen perusteella. Suunnitteluprosessissa laaditaan mallisuunnitelmana esimerkiksi yhden asuinkerroksen suunnitelma, jossa esitetään toteutustapa, laitteiden sijainteja yms. Tätä suunnitelmaa muutetaan tilaajan kommenttien perusteella, jonka jälkeen suunnitellaan muut kerrokset siihen pohjautuen. Tästä syystä kustannuksia eritoten yhden kerroksen osalta on määriteltä ja niiden avulla on pyritty selvittämään suuria kustannusvaikutuksia niiden tiedostamiseksi.

### 5.1.2.1 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kustannuksiin yksittäinen suurin vaikuttava tekijä on lämmönjakotapa. Tässä työssä on tutkittu lämmönjakotapoina patteri- ja lattialämmitystä sekä niiden yhdistelmää. Mahdollisia sähköisiä mukavuuslattialämmityksiä ei ole huomioitu. Suurimmassa osassa referenssikohteita lämmönjakotapana oli patterilämmitys. Näissä kohteissa toteutustapa oli samanlainen: lämmöntuotto kaukolämmöllä, pystynousut ulkoseinillä ja pattereina pääosin Purmon paneeliradiaattorit. Vertailtavien lattialämmityskohteiden lattialämmityspuutkisto oli toteutettu Uponorin järjestelmillä. Patteri ja lattialämmityksen yhdistelmä tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että märkätiloissa on vesikiertoinen lattialämmitys, muissa tiloissa lämmönjakotapana on patterilämmitys.



Kohteissa, joissa on autohalli, on niiden kustannukset eritelty asuinosan kustannuksista. Esimerkiksi siis autohallin lämmittimien ja niihin liittyvien putkituksien sekä venttiilien kustannuksia ei ole laskettu asuinosan kustannuksiin autohallin kustannusten selvittämiseksi.

*Taulukko 6. Pistetalojen tunnusluvut*

Kohde	Keskitetty IV						Hajautettu IV	
	1	2	12	13	9	11	3	4
€/brm2	17,51	13,96	13,94	21,96	23,04	30,95	18,39	12,72
€/hum2	24,58	24,35	21,51	31,10	38,54	36,61	28,53	23,69
€/asunto	1259	1256	1191	2054	3573	3044	2097	1737
€/kerros	6854	12560	6748	7703	11694	14786	8386	10916
€/rappu	30844	75359	40490	30810	128633	103505	67089	38205
ikkuna/ vaippa	0,24	0,22	0,22	0,23	0,00	0,00	0,21	0,22
€/kW	489,6	461,8	465,4	592,5	636,8	958,4	621,7	441,7

*Taulukko 7. Lamellitalojen tunnusluvut*

Kohde	Keskitetty IV			Hajautettu IV	
	5	6	10	8	7
€/brm2	14,71	17,59	22,84	17,04	14,32
€/hum2	21,38	33,64	44,07	25,27	20,55
€/asunto	1341	1795	3639	1156	1079
€/kerros	11621	28716	60414	9250	11598
€/rappu	34862	43073	50345	18500	46391
ikkuna/ vaippa	0,25	0,25	0,00	0,25	0,19
€/kW	422,6	574,3	883,3	725,5	653,4

Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty lämmitysjärjestelmälle lasketut tunnusluvut. Kuten taulukosta huomataan, ovat lattialämmitettyjen kohteiden tunnusluvut huomattavasti suurempia kuin patterilämmitteisten. Lattialämmityskohteet onkin laskettu mukaan lähinnä vain verrokiksi, sillä niistä tiedetään hinnan olevan epävarma. Nyt kustannukset on määritelty tukkurien hintojen perusteella, mutta koska lattialämmitystoimittaja käyttää omia tuotteitaan toimituksessaan, tiedetään kustannusten olevan tukkurien hintoja halvempia. Näin ollen lattialämmityskohteita ei vertailla enää jäljempänä. On kuitenkin huomioitava se, että on tapauksia joissa lattialämmitysjärjestelmää arvostetaan enemmän kuin patterilämmitystä sen käyttömukavuuden ja näkymättömyyden takia. Myös sen soveltuvuus joidenkin lämmönlähteiden tai käyttölämpötilojen suhteen on huomioitava lämmitysjärjestelmää valittaessa. Näin ollen target costing ajattelun mukaan on arvioitava nämä seikat hankkeen alussa.

Lämmitysjärjestelmille on laskettu aiemmin mainitut kaikille järjestelmille yhteiset tunnusluvut sekä sen lisäksi on laskettu hinta lämmitystehoa kohden. Koska esiintyvissä tunnusluvuissa on huomattu eroavaisuuksia, on niitä pyritty tutkimaan huomioimalla aukkojen pinta-alan ja ulkoseinien alan suhdetta, tutkimalla pelkästään yhden asuinkerroksen kustannuksia sekä tutkimalla pattereiden tyyppejä ja sijoituspaikkoja. Tarkastelu on tehty rakennuksille joiden pääasiallinen lämmönjakotapa on

patterilämmitys. Kohteissa 6 ja 13 on vesikiertoinen lattialämmitys märkätiloissa, joten niiden osalta on tarkasteltu vain patterilämmitykseen kohdistuvia kustannuksia.

*Taulukko 8. Patterilämmitysjärjestelmien tunnusluvut pistetaloissa*

Kohde	Keskitetty IV				Hajautettu IV	
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 12	Kohde 13	Kohde 3	Kohde 4
€/brm2	17,51	13,96	13,94	17,07	18,39	12,72
€/hum2	24,58	24,35	21,51	24,17	28,53	23,69
€/asunto	1259	1256	1191	1596	2097	1737
€/kerros	6854	12560	6748	5987	8386	10916
€/rappu	30844	75359	40490	23947	67089	38205
ikkuna/vaippa	0,24	0,22	0,22	0,23	0,21	0,22
€/kW	489,6	461,8	465,4	592,5	621,7	441,7

*Taulukko 9. Patterilämmitysjärjestelmien tunnusluvut lamellitaloissa*

Kohde	Keskitetty IV		Hajautettu IV	
	Kohde 5	Kohde 6	Kohde 8	Kohde 7
€/brm2	14,71	11,42	17,04	14,32
€/hum2	21,38	21,83	25,27	20,55
€/asunto	1341	1165	1156	1079
€/kerros	11621	18640	9250	11598
€/rappu	34862	27959	18500	46391
ikkuna/vaippa	0,25	0,25	0,25	0,19
€/kW	422,6	574,3	725,5	653,4

Huoneistoalapohjaisen tunnusluvun keskihajonnaksi on saatu 3,1 ja bruttoalapohjaisen 4,5 (Taulukot 8 ja 9). Keskihajonnan, sekä lukujen visuaalisen tarkastelun perusteella voidaan todeta näiden lukujen soveltuvan parhaiten tunnusluvuiksi. Muilla lasketuilla tunnusluvuilla keskihajonta on suuri, mikä viittaa siihen että niitä ei voi käyttää vertailuun. Bruttoalaan pohjautuvan tunnusluvun edullisimman ja kalliimman välinen erotus on noin 12 €/brm2. Vastaavasti huoneistoalaan pohjautuvan luvun erotus on 14 €/brm2. Molemmissa tapauksissa lähes kalleimpana ovat kohteet, joissa on yhdistetty patteri- ja lattialämmitys. Jos näistä kohteista poistetaan tuohon lattialämmitykseen käytettyjen tuotteiden vaikutus, on erotus bruttoalapohjaiselle tunnusluvulle 8 €/brm2 ja huoneistoalapohjaiselle tunnusluvulle 10 €/brm2.

Eroavaisuuksia tunnusluvuissa on pyritty tutkimaan määrittämällä kaikissa rakennuksissa sen aukkojen (ikkunat ja ovet) alojen suhdetta ulkoseinien alaan. Nämä tiedot on saatu rakennuksen arkkitehti- tai muista suunnitelmista. Tämä suhdeluku paljastaa osittain tietoa rakennuksen lämmitystehon tarpeesta ja sitä kautta pattereiden määrästä, sillä jokaisen ikkunan alle sijoitetaan patteri. Tunnusluku on saatu jakamalla ovien ja ikkunoiden pinta-ala ulkoseinien pinta-alalla. Tämä tarkastelu ei kuitenkaan tuonut selvää syytä eri kustannuksille kohteissa. Sen sijaan voidaan huomata suhdeluvun olevan lähes sama kaikissa kohteissa. Tämä viittaa talojen samankaltaisuuteen sekä esim. siihen että ikkunapinta-alan vaikutus energiankulutukseen on huomioitu samalla tavalla.

Tarkkailtaessa kustannuksia vain yhden asuinkerroksen osalta, voidaan huomata asunnon muodon ja patterien sijoittelun vaikutuksen kustannuksiin. Tätä varten on laskettu kustannukset, jotka aiheutuvat vain yhden asuinkerroksen sisältämistä

lämmitysverkoston laitteista ja tuotteista, jolloin esimerkiksi kerroksen ulkoseinillä nousevat patterinousut on sisällytetty kustannuksiin. Tätä tarkastelua varten on myös määritelty kerroksen huoneistoala ja huoneistojen lukumäärä. Huoneistoille on laskettu keskimääräinen patterien määrä, jotta niiden määrän vaikutusta hintaan voidaan tarkastella. Patterien kustannusvaikutukset on esitetty taulukoissa 10 ja 11.

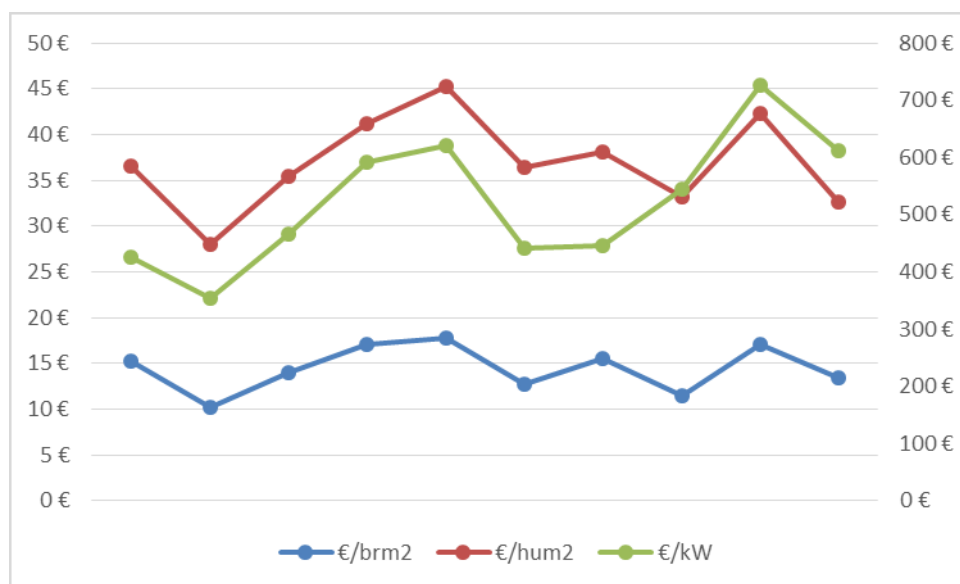
*Taulukko 10. Patterien määrän vaikutus kustannuksiin pistetaloissa*

Kohde	Keskitetty IV				Hajautettu IV	
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 12	Kohde 13	Kohde 3	Kohde 4
€/hum2	12,34	9,53	12,08	12,16	14,98	12,59
€/asunto	639,4	472,0	661,1	816,0	1096,6	980,8
patteria/asunto	3,8	2,5	3,7	5,3	5,2	5,1

*Taulukko 11. Patterin määrän vaikutus kustannuksiin lamellitaloissa*

Kohde	Keskitetty IV		Hajautettu IV	
	Kohde 5	Kohde 6	Kohde 8	Kohde 7
€/hum2	12,59	9,62	15,16	10,91
€/asunto	799,4	518,4	697,5	573,4
patteria/asunto	4,1	2,9	3,3	3,3

Kuten taulukoista 10 ja 11 voidaan huomata, on yhden huoneiston hinta suuresti riippuvainen huoneiston patterien määrästä. Patterien määrä riippuu taas huoneiston ikkunoiden määrästä. Tarkastelua tehdessä voitiin huomata myös se, että mikäli märkätila on ulkoseinällä, on sinne asennettava patteri kaikkine putkituksineen huomattavasti normaalin huonetilan patteria kalliimpi.



**Kuva 6. Tunnuslukujen vertailu**

Kustannuksia tarkasteltiin myös rakennuksen lämmitystehon kannalta. Kohteelle laskettiin tunnusluku sen tilojen lämmitystehon ja lämmitysjärjestelmän kustannuksien perusteella (€/kW). Laskennassa käytetty lämmitysteho tarkoittaa tilojen sekä ilmanvaihdon lämmityksen yhteistehoa, mikä saatiin suunnitelmista. Tarkastelu osoitti tehoperusteisen hinnan noudattavan alapohjaisia tunnuslukuja, mikä voidaan huomata

kuvasta 6. Tämä tarkoittaa että rakennuksien lämpöteho pinta-alaa kohden on samaa luokkaa kaikissa kohteissa.

Muutoin rakennusten väliset kustannuserot johtuvat pääosin niiden erilaisuudesta. Vaikka jokaisessa rakennuksessa on käytetty samoja suunnitteluperusteita, on niissä huomattavasti kustannuksiin vaikuttavia eroja. Näin ollen tunnusluvuissa keskiarvojen käyttäminen on perusteltua. Tämä myös johtaa siihen, että täysin tarkkaa kustannusta on vaikea arvioida ennen suunnitelmien valmistumista.

### 5.1.2.2 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Vesi- ja viemärijärjestelmissä ei ole monen tyyppisiä erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa järjestelmä. Tässä työssä toteutustavat on jaettu kahdeksi ryhmäksi, joista toinen on kytkentäjohtot piilossa ja toinen kytkentäjohtot näkyvissä tyyppinen järjestelmä. Piilossa olevilla kytkentäjohtoilla tarkoitetaan tässä tapauksessa muovisia kytkentäputkia, jotka sijoitetaan väliseinärakenteisiin. Vastaavasti näkyvissä olevat kytkentäjohtot tarkoittavat seinälle näkyviin asennettavia vesikalusteiden kytkentäjohtoja, tyypillisesti tehtynä kromatusta kupariputkesta. Viemärijärjestelmä on kaikissa kohteissa ollut samanlainen, jolloin pystyviemärit on sijoitettu hormielementteihin.

Kohteille, joissa on autohalli, on kustannusarvioinnissa eroteltu autohallia palvelevat vesi- ja viemärijärjestelmän osat asuinosan vastaavista autohallin kustannusvaikutusten huomioimiseksi. Autohalli toki vaikuttaa myös asuinosan kustannuksiin riippuen autohallin sijainnista, viemärien sijoittelusta autohalliin sekä asennustavasta ja mahdollisesta kannakoinnista.

Kustannuksissa on huomioitu mahdollisen jäähdytysjärjestelmän vaikutukset kustannuksiin, sillä ne on joissain tapauksissa voinut vaikuttaa muun järjestelmän suunnitteluun ja on sitä kautta oleellinen osa järjestelmää. Nämä vaikutukset ovat kuitenkin koko rakennusta tarkasteltaessa pieniä. Jäähdytysjärjestelmän vaikutukset vesi- ja viemärijärjestelmän kustannuksiin muodostuvat lähes ainoastaan jäähdytyspatterien kondenssivesiviemäroinneistä.

Kustannusvaikutuksissa ei ole huomioitu hormielementtien eikä mahdollisten kylpyhuone-elementtien vaikutusta hintaan, vaikka näillä tiedetään hintavaikutuksia olevan haastattelujen ja kokemuksen perusteella. Tuotteiden hinta-arviota ei pystytty käytettävillä menetelmillä tarkasti arvioimaan, joten se jätettiin huomiotta.

Vesi- ja viemärijärjestelmän osalta laskettuja tunnuslukuja on kustannukset brutto- sekä huoneistoalaa kohden. Lisäksi on laskettu kustannus rappua, kerrosta ja asuntoa kohden. Kustannusta on tarkasteltu myös suunnitelmista saatuun käyttövesivirtaamaan (qv) suhteutettuna. Lasketut tunnusluvut on esitetty taulukoissa 12 ja 13.

*Taulukko 12. Pistetalojen tunnusluvut*

Kohde	Muovinen kytkentä				Kuparinen kytkentä			
	1	2	12	9	3	4	13	11
€/brm2	39,68	27,15	36,55	27,93	30,39	27,71	32,63	29,28
€/hum2	55,69	47,36	56,40	46,72	47,15	51,61	46,21	34,64
€/asunto	2853	2443	3123	4332	3465	3783	3052	2880

€/kerros	15531	24432	17696	14176	13859	23779	11445	13989
€/rappu	69890	146591	106176	155936	110871	83227	45778	97923
€/qv	2068	2036	1985	2290	2618	2437	2144	2019

Taulukko 13. Lamellitalojen tunnusluvut

Kohde	Muovinen kytkentä			Kuparinen kytkentä	Komposiitti
	5	6	10	8	7
€/brm2	30,81	30,32	27,25	46,54	41,95
€/hum2	44,79	57,99	52,57	69,01	60,22
€/asunto	2809	3094	4341	3157	3161
€/kerros	24341	49506	72058	25258	33985
€/rappu	73022	74259	60048	50517	135940
€/qv	1875	2057	2227	2307	2356

Taulukoissa 12 ja 13 esitettyjen tunnuslukujen keskihajonnat alapohjaisten tunnuslukujen kohdalla olivat huoneistoalapohjaiselle tunnusluvulle 5,6 ja bruttoalapohjaiselle 6,7. Huoneistoperusteisen kustannuksen keskihajonta oli 525,1. Edellä mainittuun pohjautuen parhaimmin tunnuslukuina toimivat pinta-alapohjaiset luvut. Tämän lisäksi asuntopohjainen tunnusluku on myös käyttökelpoinen. Bruttoalaan pohjautuvan tunnusluvun matalimman ja korkeimman arvon erotus on noin 19 €/brm2, kun autohalleissa olevia vesi- ja viemärijärjestelmän osia ei ole huomioitu. Huoneistoalaan pohjautuvan tunnusluvun vaihteluväli on 23 €/hum2. Huoneistojen lukumäärään pohjautuvassa tunnusluvussa erotus suurimman ja pienimmän arvon välillä on n. 1500 €/asunto. Käyttövesivirtaamaan pohjautuvan tunnusluvun osalta suurimman ja pienimmän kustannuksen välinen ero on 743 €/l/s).

Kuten lämmitysjärjestelmän osalta, niin myös vesi- ja viemärijärjestelmän osalta on pyritty erottelamaan kustannuksia, jotta tunnuslukujen erotukset selviävät. Kustannuksia on tarkasteltu kerroksittain, putkimateriaalien kannalta, normivirtaamaan suhteutettuna ja myös vesikalustevalintojen vaikutusta on tarkasteltu. Joidenkin kohteiden osalta on laadittu laskelma, jossa on vertailtu eri kupariputken liitostapojen vaikutusta kustannuksiin.

Tarkasteltaessa asuinkerroskohtaisia tunnuslukuja (Taulukot 14 ja 15), voidaan niissä huomata pientä vaihtelua. Muovisten kytkentäjohtojen kategoriassa suurimman ja pienimmän kustannuksen välinen erotus on n. 5€/m2 sisällä, talotyypistä riippumatta. Myös kalusteiden asuntokohtainen hinta on lähes sama kaikissa, pois lukien kohde 3, jossa on joka kerroksessa yksi iso huoneisto sisältäen 2 WC-tilaa. Halvimmat hinnat ovat kohteissa, jossa kylpyhuonetila on lähellä runkoverkoston haaroituskohtaa, jolloin putkimetrien määrä on pienempi. Lamellitalojen tapauksissa vesijohtojen määrä asunnoissa on lähes sama. Kohteiden asuntojen keskikoko vaihtelee suuresti, jolloin alapohjainen tunnusluku on lähellä samaa, mutta huoneistokohtainen ei. Tähän vaikuttaa myös ero kalusteiden kustannuksissa.

Taulukko 14. Asuinkerrosten kustannuksista lasketut tunnusluvut pistetaloissa

Kohde	Muovinen kytkentä				Kuparinen kytkentä			
	1	2	12	9	3	4	13	11
€/hum2	35,82	37,18	41,12	43,15	43,89	38,19	28,43	37,42
€/asunto	1856	1840	2251	3264	3213	2976	1908	1858
kalusteet	791,4	795,9	755,4	942,3	1101,6	973,1	431,5	684,4

Taulukko 15. Asuinkerrosten kustannuksista lasketut tunnushuvut lamellitaloissa

Kohde	Muovinen kytkentä			Kuparinen kytkentä	Komposiitti
	5	6	10	8	7
€/hum2	39,09	40,12	41,55	49,73	49,54
€/asunto	2482	2162	2795	2288	2603
kalusteet	959,5	767,3	983,7	755,2	579,1

Kuparisten kytkentäjohtojen tapauksessa on samoja eroavaisuuksia tunnushuvuissa kuin muovisten kytkentäjohtojen tapauksissa. Näissä kohteissa kalusteiden kustannukset vaihtelevat suuresti, aiheuttaen vaihtelua myös tunnushuviin. Kohteessa 13 on erityisen edulliset hankintahinnaltaan olevat vesikalusteet, jotka laskevat huomattavasti kustannuksia. Myös putkimateriaalilla on vaikutusta tunnushuviin, sillä eri putkimateriaalien asennuskustannuksissa on eroja, vaikkakin asuntojen putkimäärä saattaa olla sama.

Vesi- ja viemärijärjestelmän kustannuksia on tarkasteltu myös normivirtaamaan (Q)- ja mitoitusvirtaamaan (q) suhteutettuna. Virtaamat kuvaavat hyvin kohteen asuntojen ja vesikalusteiden määrää ja sen arviointi suunnitteluprosessin alkuvaiheessa on suhteellisen helppoa. Näin ollen em. virtaamiin pohjautuvaa tunnushlukua on myös tarkasteltu. Virtaamiin suhteutetut kustannukset on esitetty taulukoissa 16 ja 17.

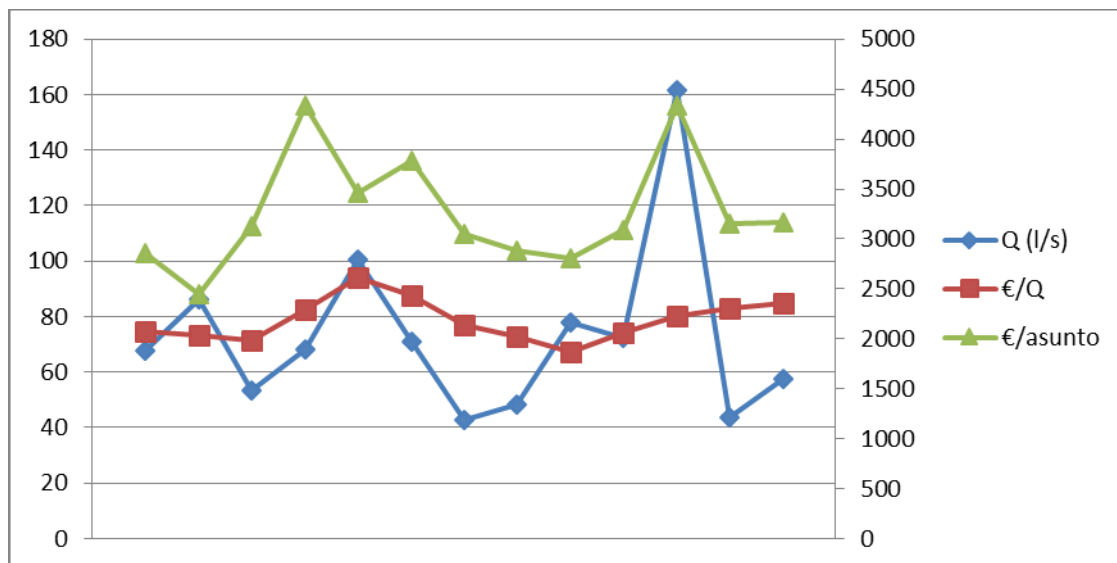
Taulukko 16. Virtaaman vaikutus kustannuksiin pistetaloissa

Kohde	Muovinen kytkentä				Kuparinen kytkentä			
	1	2	12	9	3	4	13	11
Q (l/s)	67,6	86,4	53,5	68,1	100,7	71,1	42,7	48,5
€/Q	2068	2036	1985	2290	2618	2437	2144	2019
€/qv	49922	53296	44240	55691	73220	59754	43598	42575

Taulukko 17. Virtaaman vaikutus kustannuksiin lamellitaloissa

Kohde	Muovinen kytkentä			Kuparinen kytkentä	Komposiitti
	5	6	10	8	7
Q	77,9	72,2	161,8	43,8	57,7
€/Q	1875	2057	2227	2307	2356
€/qv	47111	51213	72058	45924	54376

Kuten taulukoista 16 ja 17 sekä kuvasta 7 voidaan huomata, on hinta hyvinkin arvioitavissa normivirtaaman perusteella, kun kyseessä on ns. tavanomainen kohde. Kuvaajassa näkyvät poikkeavat luvut ovat kohteista, joiden koko rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmän asuntokohtainen kustannus on suurin. Virtaaman perusteella laskettu tunnushuku noudattaa jotakuinkin siis huoneistokohtaista tunnushlukua, mikä on ymmärrettävää virtaaman muodostuessa asuntojen määrästä ja niiden sisältämistä vesikalusteista. Eroavaisuudet selittävät asennustavat ja yleisten tilojen vaikutus.



Kuva 7. Virtaaman Q ja tunnuslukujen vertailu

Joidenkin kohteiden osalta kustannuksia on tarkasteltu myös eri asennustapojen näkökulmasta. Eri asennustapoja tarkasteltiin siksi, että niillä saattaa olla vaikutusta niin materiaali- kuin työkustannuksiin eri suhteilla. Toinen asennustapa saattaa siis olla nopeampi tehdä, mutta tarvittavat komponentit ovat kalliimpia. Tässä tapauksessa on vertailtu asennustapoina perinteistä kapillaariliitosta sekä puristusosin tehtävää asennusta. Tarkastelusta voitiin huomata, että kapillaariliitosten tekeminen on jokaisessa tapauksessa edullisempi, mutta enemmän aikaa vievä asennustapa. Näin ollen se on lähtökohtaisesti suositeltava asennustapa. Tarkastelu on kuitenkin laadittu siksi, jotta esimerkiksi kiristyneeseen aikatauluun voidaan varustautua. Tällöin asennustavan muutos saattaa olla ratkaisu. Laskelmien perusteella puristusliitos on keskimäärin n. 22 % nopeampi asennustapa, kun tarkkaillaan vain vesijohtojen asennukseen kuluva aikaa. Vastaavasti liitososat ovat noin 24 % kalliimpia. Asuinkerrosten vesijohtourakassa puristusliitosten käyttäminen voi siis säästää kokonaisajasta noin 6 %. Vastaavasti se kuitenkin nostaa materiaalikustannuksia noin 3-5 %.

Muutoin vesi- ja viemärijärjestelmien kustannuseroihin pätee sama seikka kuin lämmitysjärjestelmäänkin. Rakennusten kustannuseroja selittää niiden erilaisuus, joita ei edellä mainituin seikoin pystytty kuvaamaan. Näin ollen kustannustarkasteluissa on käytössä keskiarvoitetut tunnusluvut, joita on syytä tarkentaa mikäli mahdollista. Suunnitelmien valmistuessa on kustannusarviota myös syytä tarkentaa.

### 5.1.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Työssä tarkasteltujen kohteiden ilmanvaihtojärjestelmät olivat joko keskitettyjä tai hajautettuja ilmanvaihtojärjestelmiä. Keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että suurin osa rakennuksen ilmanvaihdosta on järjestetty yhden ilmanvaihtokoneen avulla. Ilmanvaihtokone on useimmiten sijoitettu vesikatolle. Hajautetussa järjestelmässä eri tiloilla on omat niitä palvelevat ilmanvaihtokoneet kanavineen. Lisäksi kohteet on jaettu aiemman mukaisesti käsittämään piste- ja lamellitalot.

Joissain tarkastelluissa kohteista on autohalli. Näissä tapauksissa autohallia palvelevat ilmanvaihtojärjestelmän osat on pyritty erottelemaan muuta rakennusta palvelevista

osista autohallin kustannusvaikutusten selvittämiseksi ja niiden vaikutuksen pois sulkemiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän kustannusvaikutukset kattavat koko järjestelmän, kanavista päätelaitteisiin ja ilmanvaihtokoneisiin. Lisäksi kohteen savunpoistosta riippuen, on jotain savunpoiston komponentteja otettu mukaan kustannusvaikutuksiin. Tällaisia kohteita ovat ne, joissa esimerkiksi rakennuksen savunpoisto vaati erillisen savunpoistopuhaltimen, ei vain savunpoistoluukkuja.

Ilmanvaihtokoneiden hinnat on arvioitu valmistajien hinnastojen perusteella, kun kyseessä on hajautettu järjestelmä. Keskitetyn järjestelmän ilmanvaihtokoneiden hinnat on arvioitu saatavilla olleiden toteutuneiden ilmanvaihtokoneiden hintojen perusteella. Huomioimatta on jätetty mahdolliset ns. konehuonepaketit, joissa koko konehuone toimitetaan yhtenä kappaleena. Näillä tiedetään olevan hintavaikutusta sekä asennusta nopeuttavaa vaikutusta, mutta niitä ei ole kyetty käytettävissä olevilla menetelmillä arvioimaan. Näin ollen ne on huomioitu kuten työmaalla rakennettava ilmanvaihtokonehuone.

Kohteet, joissa on tuloilman viilennys, on viilennyksen vaatimat eristeet huomioitu ilmanvaihtojärjestelmän kustannuksissa. Viilennyspatteri sen sijaan ei ole mukana kustannuksissa, se on ajateltu osaksi jäähdytysjärjestelmää.

Ilmanvaihtojärjestelmille on samat tunnusluvut kuin lämmitys- sekä vesi- ja viemärijärjestelmälle. Lisäksi on laskettu tunnusluku joka kuvaa kustannusta suhteutettuna rakennuksen kokonaisilmamäärään, eli tulo- poistoilmavirran summaan (€/l/s). Tunnusluvut on esitetty taulukoissa 18 ja 19.

*Taulukko 18. Ilmanvaihtojärjestelmän tunnusluvut pistetaloissa*

Kohde	Keskitetty IV						Hajautettu IV	
	1	2	12	13	9	11	3	4
€/brm2	34,55	26,81	32,58	31,94	28,75	25,55	40,30	35,35
€/hum2	48,49	46,78	50,28	45,22	48,08	30,22	62,52	65,83
€/asunto	2484	2413	2784	2987	4458	2513	4595	4825
€/kerros	13524	24129	15776	11200	14590	12204	18378	30331
€/rappu	60859	144771	94657	44799	160494	85426	147025	106159
€/l/s)	36,88	36,65	39,49	35,16	35,67	36,63	61,09	50,43

*Taulukko 19. Ilmanvaihtojärjestelmän tunnusluvut lamellitaloissa*

Kohde	Keskitetty IV			Hajautettu IV	
	5	6	10	8	7
€/brm2	32,59	25,33	32,22	50,72	48,12
€/hum2	47,38	48,44	62,16	75,21	69,07
€/asunto	2971	2584	5133	3441	3626
€/kerros	25745	41348	85215	27526	38984
€/rappu	77235	62021	71012	55052	155934
€/l/s)	32,88	33,76	42,40	56,35	55,47

Kuten lämmitys sekä vesi- ja viemärijärjestelmässä on tunnusluville laskettu keskihajonnat niiden käyttökelpoisuuden arvioimiseksi. Huoneistoalapohjaisen



tunnusluvun keskihajonta on 5,6 ja bruttoalapohjaisen 6,7, kun tarkastellaan kaikkia kohteita yhdessä. Keskitetyn ilmanvaihdon tarkastelussa keskihajonnat olivat 8,7 ja 12,3 ja hajautetun järjestelmän osalta 2,4 ja 2,4. Bruttoalaan pohjautuvan tunnusluvun suurimman ja pienimmän arvon erotus keskitetyssä järjestelmässä on noin 5€/brm<sup>2</sup> ja huoneistoalaan pohjautuvassa noin 7€/hum<sup>2</sup>. Vastaavat luvut hajautetulle järjestelmälle ovat 13€/brm<sup>2</sup> ja 5€/hum<sup>2</sup>. Näin ollen niiden vaihteluväli on suhteellisen pieni.

Kustannusero keskitetyn ja hajautetun järjestelmän osalta selittyy osittain kustannustarkastelun jaottelusta, jossa on huomioitu vain LVI-tekniset tuotteet. Keskitetyn ilmanvaihdon tapauksessa ilmanvaihtokone tarvitsee oman konehuoneen, jonka rakentamisen kustannuksia käytetty kustannustarkastelumenetelmä ei paljasta. Vastaavasti hajautettu järjestelmä ei vaadi konehuonetta koneiden ollessa sijoitettuna palvelemissa tilojen yhteyteen varsinaisiin tiloihin. Näin ollen koko keskitetyn järjestelmän kustannus on viitteellinen, sillä siihen suoraan kytköksissä oleva IV-konehuoneen rakenteellinen kustannus ei ole mukana tarkastelussa. Tämä kustannus tulee selvittää, jotta hajautettu ja keskitetty ilmanvaihto saadaan keskenään vertailukelpoiseksi.

Taulukoissa 18 ja 19 on myös esitetty tunnusluku ilmamäärän pohjalta. Tunnusluku on laskettu jakamalla koko järjestelmän kustannukset tulo- ja poistoilmamäärällä. Ilmamäärä pohjautuu vahvasti asuntojen lukumäärään joten se on hyödyllinen rinnakkaisena työkaluna pinta-alapohjaisille tunnusluville.

Kuten muillekin järjestelmille, on myös ilmanvaihdolle arvioitu kerroskohtaisia kustannuksia asuntojen osien kustannusten vertailemiseksi. Kuten taulukosta huomataan, on keskitetyssä järjestelmässä asuntokohtainen hinta hyvin tarkasti arvioitavissa. Hinnat ovat lähellä toisiaan, mikä kuvaa järjestelmien samanlaisuudesta sekä lähes samanlaisesti kanavoinnin toteutuksesta. Vaikka asuntojen keskikoko vaihtelee, on yhteen huoneistoon käytetyt kanavametrit silti lähellä toisiaan eri kohteissa. On huomattava, että näissä tapauksissa hintaan ei ole vaikuttanut kuin kanavat ja päätelaitteet, tarkastelu ei sisällä ilmanvaihtokoneen vaikutusta.

Hajautetussa järjestelmässä tunnuslukujen heitto on suurempaa kuin keskitetyssä järjestelmässä. Huoneistokohtaisissa hinnoissa vaikutus on lähinnä kanavaeristeiden vaikutus, sillä osassa referenssikohteista oli tuloilman viilennys, jolloin tuloilmakanavat on eristettyjä. Huoneistoalaan pohjautuvassa tunnusluvussa erotus johtuu asuntojen keskikoosta. Asuntojen kanavamäärä pysyy lähellä toisiaan vaikka huoneisto olisi isompi. Tästä johtuen kohteissa, joissa keskimääräinen huoneistoala on isompi, on pienempi huoneistoalakohtainen tunnusluku.

Tehtyjen laskelmien perusteella voidaan asuinkerroksen pohjalta lasketusta tunnusluvusta määritellä suhteellisen tarkasti kaikkien asuintilojen vaikutus kokonaiskustannukseen (taulukot 20 ja 21). Kohteista on määritetty myös tunnuslukuja niin, että on laskettu asuintilojen, yhteistilojen, vesikaton ja ilmanvaihtokoneen vaikutukset kustannuksiin. Näiden laskelmien avulla huomattiin että asuintilojen tunnusluvut ovat lähes samat kun ne lasketaan koko rakennuksen asuintilojen kustannuksen ja huoneistoalan perusteella sekä yhden asuinkerroksen kustannuksen ja yhden kerroksen huoneistoalan perusteella. Tehty huomio palvelee oivallisesti suunnitteluprosessin kulkua, jossa ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa laadituista alustavista suunnitelmista voidaan massalistan avulla määrittää ehdotuksen kustannusvaikutukset.

Taulukko 20. Asuntopohjaiset tunnusluvut pistetaloissa

Kohde	Keskitetty IV						Hajautettu IV	
	1	2	12	13	9	11	3	4
€/hum2	22,27	23,20	20,57	17,03	31,48	17,77	51,65	47,19
€/asunto	1154	1148	1126	1143	2381	882	3780	3677

Taulukko 21. Asuntopohjaiset tunnusluvut lamellitaloissa

Kohde	Keskitetty IV			Hajautettu IV	
	5	6	10	8	7
€/hum2	17,88	17,89	37,81	62,88	63,30
€/asunto	1135	964	2543	2893	3326

Myös ilmanvaihtojärjestelmissä käytetään keskiarvoitettuja tunnuslukuja. Keskiarvolla pyritään huomioimaan kohteiden erilaisuus, joita ei käytetyillä menetelmillä huomioitu. Suunnitelmien ollessa kustannuslaskentakelpoiset, tulee niiden avulla määrittää tarkempi kustannusarvio.

### 5.1.3 Muut kustannuksiin liittyvät seikat

Kustannuksille on pyritty muodostamaan matemaattinen lauseke lineaarisen regressioanalyysin avulla. Kustannuslaskennan perusteella saadut kustannukset on asetettu kuvaajaan, jossa vaaka-akselilla on huoneistoala (hum2) ja pystyakselilla kustannukset. Näiden datapisteiden avulla on laskettu pienimmän neliösumman menetelmää käyttäen sovitussuoran yhtälö. Yhtälö on laskettu jokaiselle järjestelmälle erikseen. Yhtälö kuvaa matemaattista lauseketta, jolla saadaan teoreettisesti laskettua kustannus, kun tiedetään huoneistoala.

Yhtälöt on muodostettu erikseen jokaiselle järjestelmälle talotyypeittäin jaoteltuna. Lisäksi on tarkasteltu kokonaiskustannuksia. Jaottelulla pyritään selvittämään talotyyppien erot kustannusten muodostumisessa. Lisäksi suoran leikkauspiste kuvaa järjestelmän ”vakiokustannusta”. Vakiokustannus on kulu, jonka riippuvuus huoneistoalasta ei ole yhtä suurta kuin muun järjestelmän osat. Näitä kuluja ovat esimerkiksi lämmönjakokeskus ja IV-koneet. Niiden kustannus ei muodostu samalla tavalla muun tekniikan kanssa pinta-alapohjaisesti, vaan suuremmissa rakennuksissa kulu on suhteessa hieman pienempi.

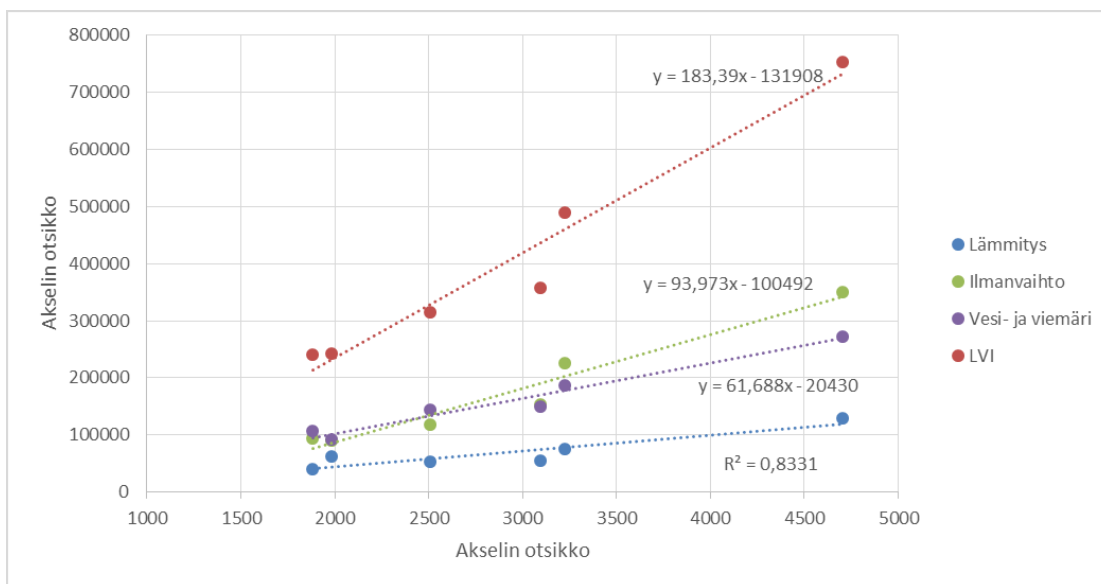
Regressioanalyysillä voidaan tarkastella kahden muuttujan välistä tilastollista riippuvuutta ja sen voimakkuutta sekä ennustaa muuttujiin perustuvia arvoja. (Mellin 2006). Sovitetun suoran soveltuvuutta kustannusten laskentaan on arvioitu Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Sovitetun suoran matemaattinen lauseke edustaa kustannusten määrittämisen matemaattista lauseketta, kun tiedetään pinta-alatietoja. Laskenta on suoritettu EXCELiä käyttämällä.

Pearsonin korrelaatiokerroin kuvaa muuttujien välisen lineaarisen riippuvuuden laatua. Arvo on aina välillä  $-1 \leq r \leq 1$ . Arvon ollessa positiivinen on muuttujilla positiivinen riippuvuus, eli toisen muuttujan kasvaessa myös toinen kasvaa. Korrelaatiokertoimen ollessa lähellä arvoa  $\pm 1$ , on muuttujilla selkeä lineaarinen riippuvuus. Suoralle on laskettu myös selitysaste, joka kuvaa sitä kuinka monta prosenttia kustannuksesta selittyy pinta-alatietojen perusteella. (Taanila 2010.)

Alla on esitetty kuvaajat, joissa järjestelmien kustannukset ovat pystyakselilla ja rakennuksen koko vaakakselilla (kuvat 8 ja 9). Suurimpana ongelmana on otoksen koko, sillä käytetyllä otannalla sovitettun suoran funktion leikkauspiste viittaa siihen että aiemmin esitettyjä vakiokustannuksia ei ole ja pienen vastaavanlaisen talon LVI-järjestelmän kustannukset ovat negatiiviset. Tähän vaikuttaa suuresti rakennusten pinta-alojen vaihteluvälin suuruus, jolloin yhden kohteen vaikutus kulmakertoimeen on suhteellisen suuri. Lisäksi pieni otanta ei pysty hyvin erittelemään laadullisesti eri luokissa olevia järjestelmiä. Tehtyjen laskujen ja kuvaajan silmämääräisen tarkastelun perusteella on kuitenkin huomattavissa selkeä lineaarinen riippuvuus, joten tarkastelu on perusteltu.

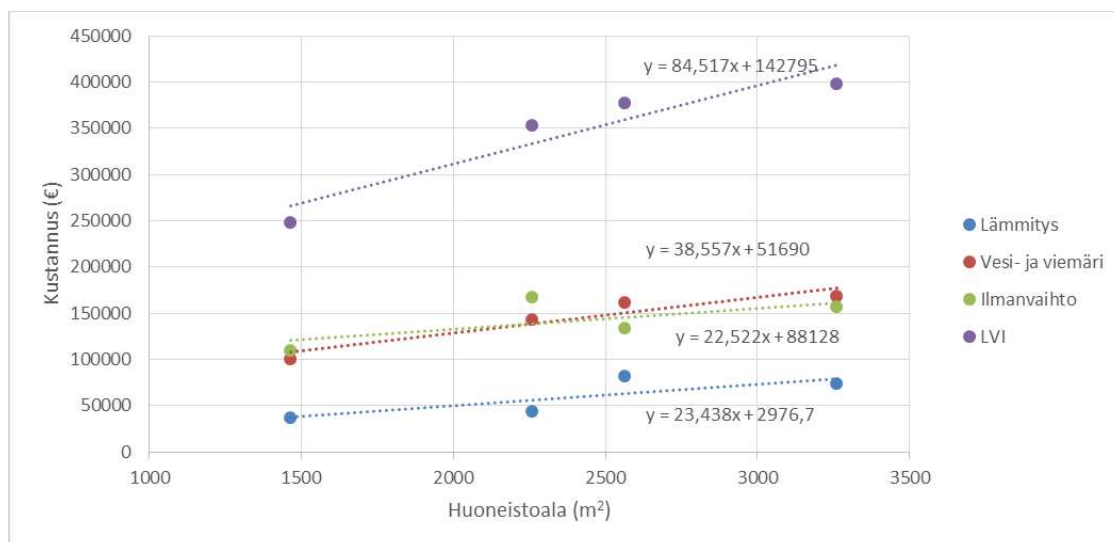
Tarkastelu on tehty pistetaloille ja lamellitaloille sisältäen kaikki LVI-järjestelmät erikseen sekä niiden yhteiskustannuksen. Vastaavasti tarkastelu tehtiin myös eri ilmanvaihtojärjestelmille. Lopuksi tarkasteltiin kaikkia taloja yhtenä ryhmänä joka järjestelmän sekä kokonaisuuden osalta. Tarkastelut tehtiin huoneistoalaan perustuen.

Pistetalojen osalta otanta oli pieni ja sovitettun suoran kulmakertoimen leikkauspiste on y-akselin negatiivisella osalla tarkoittaen että pienien rakennusten kustannukset olisivat negatiiviset (kuva 8). Toisaalta analyysiin syötetyllä datalla on vahva lineaarinen riippuvuus, joka voidaan todeta silmämääräisesti sekä korrelaatiokertoimen arvosta. Silmämääräisessä tarkastelussa huomataan yhteen kohteen olevan selkeästi suurempi pinta-alallisesti kuin muiden samassa ryhmässä. Yksi tarkastelu tehtiin niin että ko. kohde jätettiin pois. Kulmakertoimet ja leikkauspisteet paranivat hieman, mutta edelleen osittain leikkauspisteet ovat negatiivisia.



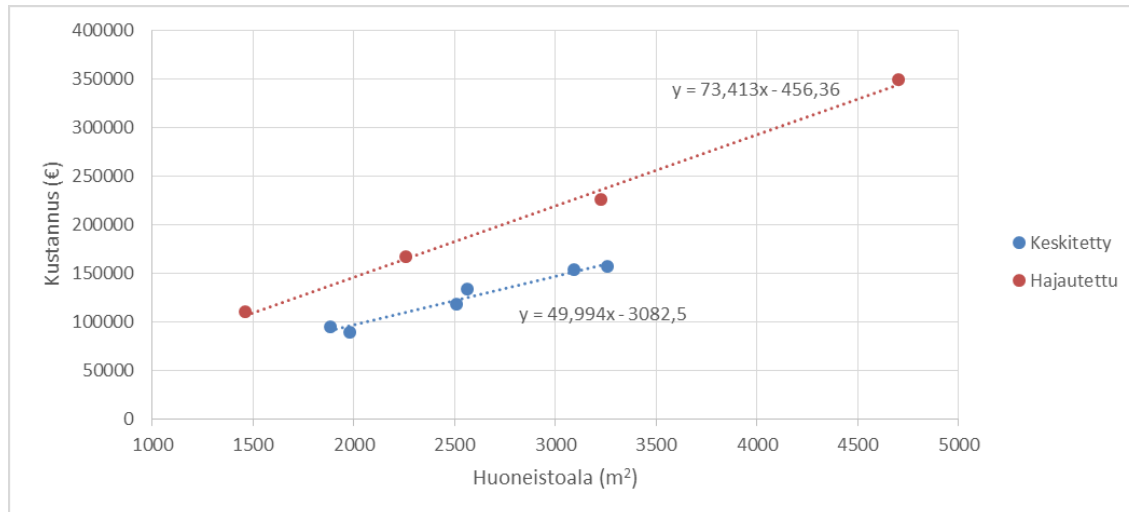
Kuva 8. Pistetalojen kustannukset järjestelmittäin

Lamellitalojen osalta tehdyssä tarkastelussa on saatu toivotun kaltainen tulos (kuva 9). Jokaisen järjestelmän kohdalla suoran leikkauspiste on positiivisella osalla y-akselia. Sen lisäksi on huomattavissa vahva lineaarinen riippuvuus, jonka voi havaita kuvaajasta sekä lasketusta korrelaatiokertoimen arvosta. Otanta oli pistetaloa pienempi, mutta kohteiden pinta-alat olivat lähempänä toisiaan eikä yhtä selkeästi poikkeavaa kohdetta ollut. On myös huomioitava että tarkastelu sisältää kohteita hajautetulla ja keskitetyllä ilmanvaihtojärjestelmällä, mikä tarkoittaa niiden keskinäisen vertailun pinta-alapohjaisesti hyvin haastavaksi.



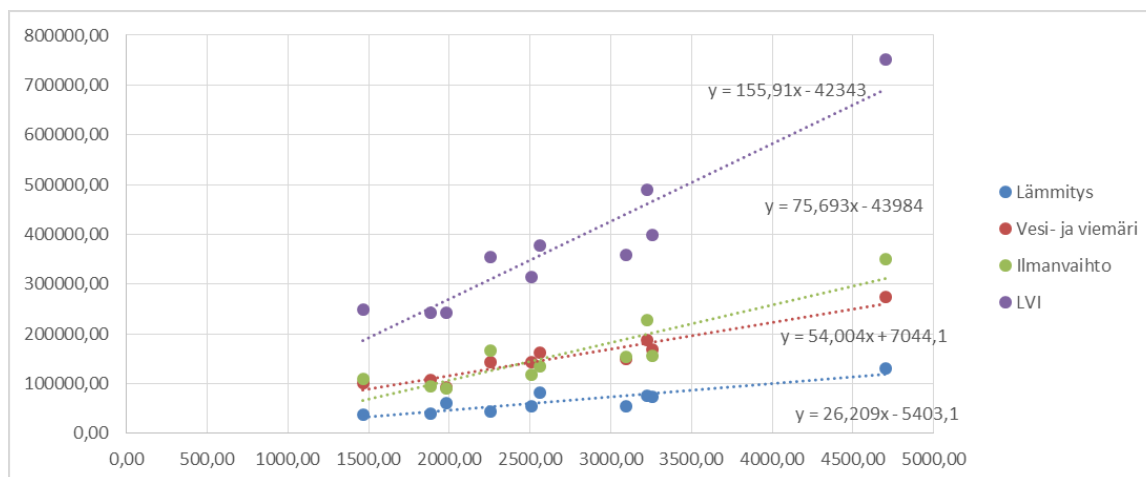
**Kuva 9. Lamellitalojen kustannukset järjestelmittäin**

Eri ilmanvaihtojärjestelmille tehty analyysi sisälsi 4 kohdetta hajautetun ilmanvaihdon tarkastelussa ja 6 keskitetyssä ilmanvaihdossa (kuva 10). Molemmista sovitettu suora ei kuitenkaan ollut leikkauspisteeltään y-akselin positiivisella puolella. Tähän syynä saattaa olla otantojen pieni koko ja rakennusten erilaisuus geometrisesti. Korrelaatiokerroin sekä visuaalinen tarkastelu paljastaa kuitenkin selkeän lineaarisen yhteyden pisteiden välillä. Näin ollen suuremmalla otannalla suoran yhtälö saattaa olla toimivampi kustannusten arvioinnissa.



**Kuva 10. Ilmanvaihtojärjestelmien kustannukset**

Viimeinen tarkastelu tehtiin niin että kaikki kohteet olivat mukana analyysissä (kuva 11). Tehty analyysi kuitenkin johti negatiivisiin leikkauspisteisiin sovitetussa suorassa. Koska yksi kohteista on jo aiemmin mainittu suuremmaksi kuin muut, poistettiin se tarkastelusta. Tällöin kuvaajille saatiin oikeanlaiset yhtälöt. Vastaavasti korrelaatiokertoimet kuitenkin heikkenivät. Koko tarkastelussa oli kuitenkin huomattavissa heikompia korrelaatiokertoimia, jotka voivat selittyä piste- ja lamellitalon erilaisuudella. Niissä molemmissa kustannukset perustuvat hieman erilaisiin asioihin. Korrelaatiokertoimiin vedoten tarkastelu ei siis ole kovin hyvä malli kustannusten määrittämiseen, vaikka jättämällä yksi kohde pois suoran funktio oli oikeanlainen.



Kuva 11. Kaikkien kohteiden kustannukset

Tehdyistä tarkasteluista voidaan päätellä että kustannukset määrittyvät selkeästi pinta-alan mukaan, minkä voi päätellä visuaalisesti kuvaajia tarkastelemalla sekä korrelaatiokertoimien arvoista. Otanta on kuitenkin niin pieni, että tarkan matemaattisen yhtälön muodostaminen vaatii huomattavasti suuremman määrän kohteita. Suurempi määrä kohteita tasaa myös selkeästi laadultaan erilaisten kohteiden kustannusvaihtelut, kun pienellä otannalla niillä on suuri vaikutus suoran yhtälöön.

## 5.2 Big Room

Big Room tulee japaninkielisestä sanasta obeya. Obeya on Toyotan kehittämä työskentelymetodi, joka keskittyy erityisesti uusien tuotteiden kehitykseen. Obeya ajatusmallia hyödynnettiin Toyotalla ensimmäisen kerran 1990-luvulla Toyota Priuksen kehitystyössä. Tällöin lähtökohtana oli saada samaan tilaan projektin läpiviemisen kannalta olennaiset henkilöt, jotta keskustelu henkilöiden välillä olisi mahdollisimman vaivatonta. Alussa ajatusmaailmaa hyödynnettiin lähinnä projektin johtamiseen. Ajan kuluessa ja mallin kehittyessä painopiste siirtyi myös teknisten asioiden läpikäyntiin ja ongelmanratkaisuun. Obeyasta muodostui osa Toyota Product Development Systemiä ja nykyisin sitä käytetään kaikissa uusissa Toyotan kehityshankkeissa (Liker 2010, s.62)

Big Room työskentelyssä siis kerätään poikkitieteellinen tiimi samaan tilaan työskentelemään. Big Room sessioita pidetään hankkeen luonteelle sopivin väliajoin ja niiden kesto on tilanteesta riippuen 1-2 työpäivään. Tällöin projektin jäsenet ratkovat ongelmia sekä ovat toistensa käytössä keskinäiseen tiedonvaihtoon tai ongelmanratkaisuun. Istuttamalla henkilöt samaan tilaan saadaan tiedonvaihdesta sujuvampaa ja nopeampaa. Perinteisesti asiat on hoidettu sähköpostitse tai soittamalla, mutta tällöin tiedonvaihto on hitaampaa ja monimutkaisempaa. Nyt tiedonvaihto on suorempaa ja helpompaa ja vastaukset saadaan nopeammin.

Rakennushankkeessa Big Room työskentelyyn tulisi osallistujia rakennuttaja, hankkeen tilaaja, eri suunnittelualojen suunnittelijat ja suurimmat urakoitsijat sekä alihankkijat. Osallistuvat tahot riippuvat kuitenkin projektista ja sen luonteesta ja se voi siis vaihdella. Suunnittelijoista syytä on olla mukana perustapauksessa ainakin arkkitehti/pääsuunnittelija, rakennesuunnittelija, LVIA-suunnittelija ja sähkösuunnittelija. Tarvittaessa ja hankalimmissa kohteissa voi työskentelyn osallistua myös erilaisia konsultteja tai muita suunnittelijoita. Mikäli hankkeessa käytetään poikkeavia ratkaisuja, jotka mahdollisesti toimittaa tai toteuttaa joku muu kuin edellä

mainittu taho, tulisi heidän olla mukana työskentelyssä. Big Roomissa työskentelevän on kuitenkin oltava statukseltaan sellainen henkilö, joka omaa riittävät taidot sekä on kykenevä päätöksentekoon. Sessioissa mukana oleva ryhmittymä saattaa hyvinkin vaihdella hankkeen eri aikoina, riippuen käsiteltävistä asioista. Näin ollen myös tilaisuuden kesto vaihtelee muutamista tunteista aina kokonaiseen työpäivään tilanteen ja hankkeen vaiheen mukaan.

Rakennusprosessissa Big Roomin tarkoituksena on tehdä suunnittelusta ja rakentamisesta tehokkaampaa. Tehokkuutta prosessiin saadaan Big Roomin avulla, kun päätöksenteko nopeutuu, uudelleen suunnittelu ja tekeminen vähenevät sekä tarpeeton tiedonvaihto vähenee. Päätöksenteon nopeutuminen saadaan aikaan kun aikaisemmin mainitut päätöksentekoon kykenevät henkilöt istutetaan samaan tilaan. Näin päätökset saadaan tehtyä ja kirjattua Big Room session aikana. Kun monien eri alojen asiantuntijat voivat keskenään ratkaista ongelmia, pystytään välttämään tilanteet, jossa muiden suunnitelmien vaikutukset aiheuttavat muutoksia tai umpikujia. Esimerkiksi rakenteiden läpäisy on helppo keskustella läpi Big Roomissa, jolloin voidaan välttyä parhaimmillaan kalliista ja aikaa vievästä uudelleensuunnittelusta. Big Room-ajattelu vähentää myös turhaa tiedonvaihtoa. Osana ajatusta on se, että kaikki tieto on koko projektiryhmän saatavilla. Näin aikaa säästetään, kun jokainen voi itse selvittää asian, eikä kysymiseen ja vastauksen odottamiseen kulu aikaa ja kahden tai useamman ihmisen vaivaa (Aasland ja Blankenburg 2012.)

Big Room pyrkii siis tehostamaan suunnittelu ja rakentamisprosessia. Istuttamalla ihmiset samaan tilaan saadaan heidät toimimaan paremmin projektin puolesta, ei vain oman suunnittelualansa tai osa-alueensa. Myös yhteistyö helpottuu, kun ihmiset työskentelevät samassa tilassa. Yhteiset tavat toimia helpottaa suunnittelun- ja rakentamisen läpivientä ja jälleen kerran poistaa turhaa hukka-aikaa prosessista nopeuttaen koko prosessia. Osana Big Room ajatusta on helppo saada ryhmä sisäistämään projektin tavoitteet ja sitoutumaan niihin, mikä on ensiarvoisen tärkeää onnistumisen kannalta.

Big Room ajattelu on kehittynyt Toyotalla osana Lean-ajattelua. Myös target costing ajattelu on osa Toyotan Lean-mallia. Näin ollen sen toimintatavat soveltuvat erinomaisesti tavoitekustannusmaailmaan. Hankkeelle asetettujen tavoitteiden täyttymisen seuranta on Big Room tilaisuuksissa tärkeänä osana, erityisesti kustannusten seuraaminen. Big Room antaa loistavat puitteet nopealle reagoinnille ja ongelmien ratkaisemiselle mikäli tavoitteiden täyttymisessä ilmenee ongelmia.

Yksi tärkeä osa Big Roomia on visuaalisuus. Ymmärtämisen helpottamiseksi, ajan säästämiseksi ja vertailun vuoksi on syytä luoda omasta teoksistaan visualisointeja, joilla asiat voidaan esittää muille selkeästi. Visualisointeja voidaan tehdä hankkeen tavoitteesta, laatuvaatimuksista, aikataulusta tai taloudellisista seikoista (Liker 2010, s.156). Esimerkiksi esitellessä erilaisia suunnitteluratkaisuja ja/tai niiden kustannusvaikutuksia, on muiden ymmärtämisen kannalta edullista laatia selkeä ja visuaalinen esitys asiasta, mikä voidaan vaikka ripustaa tilan seinälle suurena tulosteena. Näin tuloste toimii osittain muistiona esitetyistä asioista ja se helpottaa muiden ymmärrystä asiasta ja sen pohjalta päätösten tekemistä. Nykypäivän visualisointina voidaan käyttää rakennuksen tietomallia. Se muuttaa tasokuviksi laaditut suunnitelmat 3D- muotoon, jolloin se on visuaalisesti helpompi hahmottaa ja siihen on helppo yhdistää ja liittää eri alojen suunnitelmia. Mallista saadaan tarvittaessa kuvia ja raportteja suunnitelmien epäkohdista tai ristiriitaisuuksista.

Big Room tilaisuuteen valmistautuminen ottaa aikaa ja se on tehtävä huolella. Big Roomin vetäjän on syytä laatia jokaisesta kokouksesta asialista valmistautumisen tueksi ja varmistaakseen oleellisten asioiden esille tuonnin. Toki runko voi olla aina samanlainen ja tiettyjen perusasioiden läpikäynti voi olla suotavaa. Jokaisen vastuulla on valmistautua tilaisuuteen riittävästi, sillä yhden puutteellinen valmistautuminen voi aiheuttaa hukka-aikaa muille. Tästä syystä myös asialista on syytä olla nähtävillä riittävän ajoissa ja sen ollessa julkinen ja kaikkien nähtävillä tietävät kaikki asialistan muuttumisen mahdollisista vaikutuksista omaan valmistautumiseen. Tilaisuuden anti on syytä jälkeenpäin tallentaa muistioon tai pöytäkirjaan, jolloin tehdyt päätökset ja ratkaistut ongelmat on dokumentoitu.

### 5.3 Tietomallintaminen

Rakennuksen tietomalli (BIM, Building Information Model) on määritelty olevan rakennuksen sekä sen koko elinkaaren aikaisten tietojen digitaalinen muoto. Tietomalli sisältää rakennuksen geometrian sekä tiedot kaikista rakennuksessa käytetyistä rakenneosista ja prosesseista. Tämä tarkoittaa että esim. tietylle määritellylle rakenteelle löytyy koko ja materiaalitiedot. Tietomalli eroaa 3D-mallista juuri edellä mainitun seikan takia. 3D-malli sisältää vain visuaalisuuden, ei kappaleiden sisältämää tietoa. (Smith 2007.)

Tietomallien ensimmäiset sovellukset on kehitetty 1970 luvulla Yhdistyneissä Kuningaskunnissa, mutta laajempi käyttö on alkanut vasta 2000-luvun alussa. Tietomallintamisessa kaikki tieto tallennetaan standardisoituun tallennusmuotoon, jota useimmat käytettävät ohjelmistot ymmärtävät. Tiedostomuoto on nimeltään IFC (Industry Foundation Classes) ja nykyinen yleisin käytössä oleva versio on IFC 2x3. (See 2007)

Tietomallia hyödyntävät rakennushankkeen kaikki osapuolet ja jokainen suunnitteluala luo oman tietomallinsa muiden käyttöön. Tietomalli pitää sisällään jokaisen suunnittelualan tuotteisiin liittämän tiedon ja tietomallin avulla se välittyy selkeästi hankkeen muille osapuolille. Jokainen hankkeen osapuoli luo oman mallinsa käyttämällään ohjelmistolla noudattaen yleisiä standardeja ja tiedostomuotoja jolloin tieto on muiden osapuolien käytössä hankkeen ajan. Tietomalli pyrkii osaltaan myös lisäämään yhteistyötä eri osapuolten välillä. (Mäki et. al. 2012)

Tietomallin käyttö rakennushankkeissa perustuu sen tuottamaan hyötyyn. Tietomallintamiselle löytyy kirjallisuudessa esitettyjä hyötyjä. Vastaavasti on löydettävissä erilaisissa kohteissa esiintyneitä hyötyjä. Taulukossa 22 on esitettyjä tietomallintamisen hyötyjä. Toinen taulukon sarakkeista kuvaa kirjallisuuden teoriatietoon pohjautuvia hyötyjä, toinen valmiista projekteista tunnistettuja hyötyjä.

*Taulukko 22. Tietomallintamisen tunnistetut hyödyt kirjallisuuteen ja toteutuneisiin projekteihin pohjautuen*

<b>Kirjallisuus (Eastman et. al. 2008)</b>	<b>Toteutuneet projektit (Bryde et. al. 2013)</b>
Mallista saatava kustannustieto	Kustannushyöty ja kustannustenohjaus
Suunnitelmien visualisointi	Rakennusajan lyhentymisen ja sen hallinta
Ajantasaisten 2D-suunnitelmien luonti missä vaiheessa tahansa	Osapuolten välisen kommunikaation parantuminen
Eri osapuolten yhteistyö	Yhteistyön parantuminen

Suunnitelmamuutosten tekemisen helpottaminen ja niihin reagointi työmaalla	Laadun parantuminen
Suunnittelupuutteiden tunnistaminen	Taloudellisen riskin pienentyminen
Hankintojen hallinta	

Vastaavasti haasteeksi on mainittu ohjelmistojen toiminta, jolla viitataan mm. tietomallin vaatimaan laskentatehoon tietokoneessa. Lisäksi haasteita on ohjelmistojen käyttötaidoissa. (Bryde et. al. 2013)

Target costing prosessissa tietomalli tuo hyötyjä kustannuslaskentaan sekä visualisointiin. Tietomallissa on tuotetiedot käytetyistä tuotteista, tuotteiden menekki sekä niiden positiotietoja. Edellä mainittujen tietojen avulla saadaan tuotettua realistinen massalista käytetyistä tuotteista niiden kustannusten määrittämistä varten. Lisäksi tietomallin avulla tuotteille määräytyy asennuspaikka ja korkeus, joten niiden tietojen käyttö kustannusten arvioinnissa on myös mahdollista. Tuotteiden geometrian ja sijainnin oikeellisuus auttaa suunnittelijoita myös varauspiirustuksen tekemisessä, sillä mallia tarkastelemalla voidaan tarkastaa myös esitettyjen reikävarausten oikeellisuus.

Yllä mainituista seikoista myös visualisointi on huomattava hyöty. Se auttaa suunnittelijoiden välisessä kommunikaatiossa sekä suunnitelmien ristiriidattomuudessa. Tietomallin avulla voidaan suorittaa myös objektien törmäystarkastelu, joka paljastaa objektien sijainnin oikeellisuuden. Suunnitelmien ristiriidattomuuden varmistaminen jo suunnitteluvaiheessa vähentää huomattavasti aikaa varsinaisessa rakennusvaiheessa. Lisäksi tarkastelu paljastaa suunnitelmien ristiriidat hyvissä ajoin ennen varsinaista asennustyötä.

Tietomallin hyödyntäminen vaatii kaikilta osapuolilta mallin tarkasteluun vaadittavan ohjelmiston sekä sen käyttötaidon. Suunnittelijoilta vaaditaan myös työkalu tietomallin luomiseksi ja osaaminen mallin tarkasteluun sekä sen käyttöön. Lisäksi projektissa tulee olla nimetty henkilö, joka koordinoi tietomallien päivitystä sekä käyttöä.

Talotekniselle suunnittelijalle tietomallin käyttäminen tuo joitain vaatimuksia. Suurin vaatimus on mallin tarkastelun ja sellaisen luomisen osaaminen. Suunnittelijalla tulee lisäksi olla riittävä tietous käytettävistä tuotteista sekä niiden ominaisuuksista ja toiminnasta. Tietomallin oikeellisuuden ja hyödyntämisen taustalla on mallin oikeellisuus, eli siinä olevat tuotteet tulee olla todellisia. Tuotteille tulee löytyä oikeanlainen geometrinen malli. Lisäksi tietomalli vaatii tuotteiden sijoittelua oikeaan paikkaan. Näin ollen kaikki tulee esittää oikeassa korossa ja oikean kokoisena, jotta malli on todenmukainen ja sitä voidaan käyttää suunnitelmien ristiriidattomuuden toteamiseen.

## 6 Target costing suunnitteluprosessin käytännön toteutus

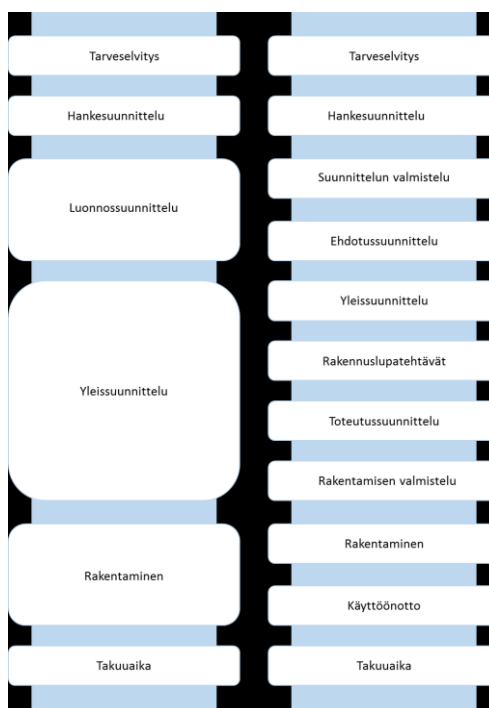
### 6.1 Target costing suunnitteluprosessi

Uusi tavoitekustannusajatteluun mukautettu prosessi pohjautuu vuoden 2013 joulukuussa julkaistuun Taloteknisen suunnittelun tehtäväluetteloon TATE 12. TATE12 korvaa jo aiemmin esitetyn tehtäväluettelon TATE95 ja sen käyttötarkoitus on samoin



suunnittelijan tehtävien ja niiden laajuuden määrittäminen. TATE12 on päivitetty vastaamaan nykypäivän tilannetta rakentamisessa ja suunnittelijoiden tehtävät ovat muokkautuneet sitä mukaan. Suurimpina muutoksina on ympäristöluokitusten ja kiristyneiden energiankulutusvaatimusten huomioiminen suunnittelutehtävissä. Lisäksi mukana on mallinnukseen liittyviä tehtäviä.

Uuteen prosessiin tuodaan target costing ajattelua muun muassa tuomalla suunnittelija, ja muita osapuolia, aktiivisemmin mukaan hankkeeseen jo huomattavasti tavanomaista aikaisemmin, jo tarveselvitysvaiheessa. Sen lisäksi suunnittelijalle on kehitetty kustannusarviomenetelmä, jolla voidaan helposti arvioida erilaisten järjestelmien mukanaan tuomia kustannuksia, ja se helpottaa järjestelmien vertailua kustannusnäkökulmasta. Lisäksi työkaluilla voidaan seurata taloudellisten tavoitteiden täytymistä. Muissa prosessin vaiheissa toimintatapoja muutetaan niin, että ne tukevat target costing ajattelua.



Kuva 12. TATE 12 ja TATE 95 prosessit (Rakennustieto 1995 ja Rakennustieto 2013)

TATE12 tehtäväluettelossa prosessin kulku on jaoteltu hieman erilailla kun vanhassa TATE 95 luettelossa (kuva 12). Prosessi on jaettu pienempiin osiin, mutta se kuitenkin sisältää samat perustehtävät kuin vanha luettelokin. Uudella jaottelulla tehtävien kesto on saatu lyhemmäksi ja sen vuoksi etenemisen seuranta on helpompaa. Jakoa on muutettu suunnitteluvaiheiden osalta jakamalla luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheet useampaan osaan. Uuden jaon mukaiset vaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, suunnittelun valmistelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, rakennuslupatehtävät, toteutussuunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu aika. Kuvassa 12 on esitetty tarkemmin uuden ja vanhan prosessin vaiheet.

### 6.1.1 Tarveselvitys

Tarveselvitysvaihe on sama kuin vanhassa tehtäväluettelossa, eli siinä tuodaan esiin syyt, miksi hankkeeseen ryhdytään. Tässä vaiheessa myös luodaan perusajatus tiloista, jotka täyttävät tunnistetun tarpeen vaatimukset. LVI-suunnittelija antaa näkemyksensä

mahdollisista LVI-teknisistä ratkaisuista sekä niiden kustannuksista olemassa olevien työkalujen avulla (taulukko 23).

Jo tarveselvitysvaiheessa luodaan projektiryhmä, joka koostuu rakennuttajista, suunnittelijoista, markkinoinnin osajista, työmaan henkilökunnasta ja jopa suurimmista alihankkijoista. Ryhmän tulee olla hankkeen luonteelle sopiva, joten sen kokoonpano voi vaihdella. Tarveselvitysvaiheen alussa ryhmä kokoontuu yhteen tilaan Big Room ideologiaa noudattaen ja luovat puitteet hankkeelle. Tarveselvitys laaditaan yhteistyössä kaikkien osajien välillä ja heidän yhteistyönään syntyy myös vaiheen päättävä hankepäätös, joka sisältää kaikkien osapuolien näkemyksen hankkeen vaatimuksista. Näin varmistetaan että hankkeen pääasialliseksi ohjenuoraksi ei tule vain esimerkiksi taloudelliset seikat, vaan myös markkinointiosaston tietotaito siitä, mitä rakennuksen käyttäjät haluavat on huomioitu.

Taloteknisen suunnittelijan tai konsultin tehtävinä tarveselvitysvaiheessa on tilan käyttötarkoituksen vaatiman taloteknisen järjestelmän ominaisuuksien ja vaatimusten määrittely ja sen vaatimien tilantarpeiden arvio. Asuinrakennuksessa siis tuodaan esille erilaiset mahdolliset lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisut sekä niihin liittyvät tekniset seikat. Sen lisäksi tehtäviin kuuluu esitettyjen järjestelmäratkaisujen kustannusarvio. Monen mahdollisen järjestelmän tapauksessa laaditaan kaikille kustannusarviot, joiden perusteella voidaan järjestelmien välisiä kustannuseroja tarkkailla. Kustannusarviot luodaan aikaisemmin esiteltyjen tunnuslukujen avulla. Mikäli tarkkoja pinta-alatietoja ei tässä vaiheessa suunnittelua ole, toimivat kustannusarviot lähinnä vertailutietona. Tästä johtuen saattaa kustannusarvioita joutua tekemään useamman vastaamaan eri LVI-järjestelmiä sekä mahdollisia erilaisia arkkitehtonisia toteutustapoja. LVI-suunnittelijan on siis tuotava esiin näkemyksensä järjestelmistä myös muilta osin kuin vain taloudellisin perustein. Näitä voivat olla esimerkiksi huoltoon ja käyttöön tai vaikka energiatehokkuuteen liittyvä tietous. Tarvittava tieto riippuu vahvasti hankkeen luonteesta.

*Taulukko 23. Tarveselvitysvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Hankkeeseen ryhtymisen perustelu, tarpeen täyttävän ratkaisun etsiminen
LVI-suunnittelijan tehtävät	Käyttötarkoituksen vaatimien taloteknisten järjestelmien esitleminen ja niiden kustannusvertailut
Käytettävät työkalut	Pinta-aloihin pohjautuvat tunnusluvut

### 6.1.2 Hankesuunnittelu

Hankepäätöksen jälkeen siirrytään hankesuunnitteluvaiheeseen. Hankesuunnittelussa tarveselvityksen tavoitteet työstetään täsmällisempään muotoon. Hankesuunnittelu jaetaan kahteen osaan, jossa toisessa määritellään suunnittelutavoitteita ja toisessa tarkastellaan rakennuksen sijoituspaikan ominaisuuksia ja rakennuskelpoisuutta.

Hankesuunnittelussa tulee kartoittaa rakennuksen sijoituspaikan vaikutukset sekä mahdollisuudet erilaisiin taloteknisiin liitoksiin, kuten esimerkiksi vesi- ja viemäriverkostoon ja sähköverkkoon. Lisäksi tontin potentiaali erilaisten energiankäyttömahdollisuuksien suhteen on syytä selvittää jo hankesuunnitteluvaiheessa. Näiden lisäksi taloteknisen asiantuntijan on hyvä tuoda esiin tarkennetut suunnittelutavoitteet, niiden vaatimat järjestelmämahdollisuudet ja erilaiset laatumääritelmät. Suunnittelija esittää myös erilaisten järjestelmävaihtoehtojen

kustannusvertailut, joita voidaan hyödyntää koko hankkeen tavoitekustannuksen määrittämisessä.

Hankesuunnitteluvaiheessa projektiryhmän on syytä kokoontua ainakin kahteen kertaan. Muutaman viikon päästä tarveselvitysvaiheen päätyttyä on ryhmän syytä kokoontua tarkastelemaan hankepäättökseen kirjattujen seikkojen toteutumista ja hankkeen etenemistä. Tällöin voidaan ratkoa ongelmia tavoitteiden toteuttamisen suhteen ja tarkastella hankkeen etenemistä. Seuraavan kerran ryhmän on kokoonnuttava hankesuunnitteluvaiheen loppupuolella valmistelemaan hankesuunnittelun tuloksena syntyvän investointipäätöksen tueksi materiaalia. Investointipäätös pohjautuu projektiryhmän yhdessä laatimaan tavoitekustannukseen. Tavoitekustannuksessa on nyt huomioitu rakennuspaikan vaatimukset, markkinoiden ja mahdollisten käyttäjien halut ja tarpeet, rakennusaikataulu, tekniset vaatimukset sekä suhdannetilanne. Tavoitekustannus määritetään aikaisemmin esitettyjen tunnuslukujen perusteella sopivia ja taloteknisen asiantuntijan kokemuksen mukaan mahdollisesti tarkennettuja tunnuslukuja hyödyntäen. (Pennanen ja Ballard 2011.)

Tavoitekustannusta laadittaessa on jo käytössä tarkempaa pinta-alatietoa työryhmän päätöksen pohjalta. Näin ollen voidaan pinta-alapohjaisia tunnuslukuja hyödyntää taloteknisen asiantuntijan näkemyksen pohjalta. Tunnuslukuja on annettu eri muodoissa, jolloin eri tunnusluvuilla saaduista kustannuksista on valittava kokemuksen ja kohteelle ominaisten piirteiden pohjalta tarkin arvio. Tästä johtuen on kustannuslaskennan tekijän tunnettava laskennan ja tunnuslukujen taustat sekä hankkeen erikoispiirteet tarkan arvion laatimiseksi.

Taulukossa 24 on esitelty hankesuunnitteluvaiheen tarkoitus sekä LVI-suunnittelijan tehtävät.

*Taulukko 24. Hankesuunnitteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Hankkeen tavoitteet muokataan täsmällisempään muotoon
LVI-suunnittelijan tehtävät	Taloteknisten liitosten kartoitus, tontin vaikutukset, kustannusarvio
Käytettävät työkalut	Pinta-aloihin pohjautuvat tunnusluvut tarkennettuina

### 6.1.3 Suunnittelun valmistelu

Investointipäätöksen jälkeinen vaihe on suunnittelun valmistelu. Vaiheen pääasiallinen tarkoitus on organisoida suunnittelu, määritellä suunnittelijoiden tarkat tehtävät ja aikataulu. Tavoitekustannusmallin mukaan talotekninen asiantuntija on mukana jo hankkeen alusta asti ja tässä tapauksessa asiantuntija toimii myös suunnittelun edustajana. Näin ollen valmisteluvaiheessa määritellään muut suunnitteluun liittyvät tehtävät, kuten mahdolliset lisäselvitykset, laskutusperiaatteet yms. sopimustekniset asiat. Lisäksi täydennetään suunnitteluryhmää tarpeen vaatiessa. Taulukossa 25 on esitetty suunnittelun valmisteluvaiheen tärkeimmät seikat.

Suunnittelun valmisteluvaiheen aikana on projektiryhmän kokoonnuttava päättämään mahdollisista hankkeen vaatimista erikoissuunnittelijoista ja asiantuntijoista. Tällaisia voi olla vaikka turvajärjestelmien erikoisasiantuntijat tai erilaisten simulointien ja laskentojen tekijät. Täydennettäviä jäseniä voi myös olla mahdollisesti suuret

alihankkijat. Pääperiaate on kuitenkin se, että hankkeen läpiviemisen kannalta olennaiset asiantuntijat on mukana projektiryhmässä jo alussa alkaen. Mikäli esimerkiksi ympäristöluokituksen saaminen rakennukselle on tärkeänä osana hankkeen tavoitteita, on projektiryhmässä hyvä olla asiantuntija jo alkuvaiheessa tuomassa esiin siihen liittyvät asiat.

Talotekniikan osalta suunnittelun valmistelussa määritellään suunnitelmien sisältö ja laajuus, mahdolliset kokoukset (työmaakokoukset, viranomaiskokoukset), suunnittelu-aikataulu, tarkistetaan suunnittelutavoitteet ja määritellään käytettävät ohjelmistot. Lisäksi suunnitteluryhmää voidaan täydentää jo mukana olleen taloteknisen asiantuntijan lisäksi muilla suunnittelijoilla. Muut suunnittelijat ovat tässä tapauksessa LVI-tekniikan suunnittelijoita, jotka osallistuvat suunnitteluun. Talotekninen asiantuntija voi olla henkilö, joka ei osallistu varsinaiseen suunnitelmien laadintaan erilaisilla ohjelmilla. Tärkeänä kriteerinä suunnitteluryhmän valitsemiselle on tavoitekustannusajattelun sisäistäminen ja asetetun tavoitteen hyväksyminen.

Suunnittelun valmisteluvaiheen päättää rakennuttajan tekemä suunnittelupäätös.

*Taulukko 25. Suunnittelun valmisteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Suunnittelun organisointi ja aikatauluttaminen
LVI-suunnittelijan tehtävät	Suunnittelu-aikataulun, tavoitteiden ja laajuuden määrittely
Käytettävät työkalut	-

#### 6.1.4 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelussa (taulukko 26) esitetään ehdotukset, joilla saavutetaan asetetut tavoitteet, myös tavoitekustannus. Rakennuttajan tehtävä on vastata suunnittelun ohjauksesta niin, että suunnitelmat pystyvät täyttämään vaaditut kriteerit. Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan ensimmäiset suunnitteluohjelmalla laaditut varsinaiset suunnitelmat sekä tehdään kustannusarvioita.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnittelijat esittävät näkemyksensä toteutustavasta sille erikseen varatussa Big Room tilaisuudessa. Näiden perusteella tarkastellaan hankkeen kustannuksia niin, että ne alittavat määritellyn tavoitekustannuksen. Jos tavoitekustannus ei alitu, tehdään ehdotussuunnitteluvaiheessa muutoksia niin että kustannus alittuu, kuitenkin alkuperäisiä kriteereitä noudattaen. Kriteerit täyttäviä suunnitteluratkaisujen kombinaatioita voidaan pyrkiä muodostamaan niin, että tavoitekustannus alittuu. Mikäli projektiryhmä ei saa yhteisymmärrystä tavasta jolla kustannus alitetaan, on syytä miettiä kriteerit ja sitä kautta tavoitekustannus uudestaan. Oleellista on, että ehdotussuunnitteluvaihetta ei voida saattaa päätökseen, ennen kuin tavoitekustannuksen alittavat suunnitteluratkaisut ovat löytyneet.

Taloteknisten järjestelmien suunnittelijoiden tehtäviin kuuluu esittää kriteerit täyttäviä järjestelmävaihtoehtoja ja osallistua muun projektiryhmän kanssa kustannustarkasteluun tavoitekustannusten saavuttamiseksi. Tätä varten on syytä esittää keskeiset järjestelmäratkaisut, pääjohtoreitit sekä mallitilan suunnitteluratkaisu. Lisäksi taloteknisten suunnittelijoiden tulee muun suunnitteluryhmän kanssa pohtia mahdollisia turvateknisiä ratkaisuja, kuten savunpoisto, paloilmotin ja mahdolliset ylipaineistukset. Suunnittelijoiden tulee myös mahdollisesti suorittaa energiankulutus- ja sisäilmasto-

olosuhteiden laskentaa ja mahdollisen ympäristöluokituksen vaatimia esiselvityksiä niillä tiedoilla, jotka ovat käytössä.

Kuten mainittua, ehdotussuunnittelussa suunnittelija laatii aikaisempien vaiheiden aikana määriteltyjen tavoitteiden mukaiset ehdotussuunnitelmat (mallitilan suunnitteluratkaistu), mikä usein asuinrakennuksessa tarkoittaa yhden asuinkerroksen suunnitelmaa, jossa on esitetty ajateltu toteutustapa. Tämä suunnitelma sisältää jo lähes kaikki kerrokseen tulevat järjestelmäosat (esim. kanavat, putket, päätelaitteet, kojeet, vesi- ja viemärikalusteet). Mallitilan suunnitelman ollessa valmis, voidaan suunnitelmien sisällöstä laatia massaluettelo. Näiden massojen ja Broker Estimaten avulla voidaan määrittää kustannus asuinkerrokselle. Tehtyjen laskelmien valossa yhden asuinkerroksen avulla saadaan määriteltyä hyvinkin tarkasti koko rakennuksen asuntojen kustannusvaikutukset.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tiedetään suhteellisen tarkasti rakennuksen muut laajuustiedot ja esimerkiksi yhteistilojen määrä. Näiden perusteella voidaan määrittää suhteellisen tarkat arviot vesi- ja viemäri- sekä ilmanvaihtojärjestelmissä virtaamista ja lämmitysjärjestelmän osalta lämpöhäviöistä. Näiden tietojen perusteella voidaan määrittää suunnittele mattomien osien kustannusvaikutuksia.

Esimerkiksi keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän tapauksessa on saatu kustannusarvio yhden kerroksen kustannuksista, joista voidaan määrittää koko rakennuksen asuintilojen kustannusvaikutus. Määriteltyihin ilmamääriin, yleistilojen määrään ja muihin ominaisuuksiin pohjautuen voidaan määrittää muiden tilojen kustannusvaikutuksia. Ilmanvaihtokonehuoneen vaikutus arvioidaan huoneistokohtaisen hinnan ja virtaaman perusteella, joista suunnittelija valitsee kohteelle ominaisemman tuloksen. Vesikaton ja yleisten tilojen hintavaikutukset arvioidaan referenssikohteiden perusteella laskettujen tunnuslukujen perusteella.

Lämmitysjärjestelmän osalta on suunnittelijalle tuotu tietoa esimerkiksi tietoa siitä, miten patterien sijoitus vaikuttaa kustannuksiin, mikäli valittu lämmönjakotapa on patterilämmitys. Ehdotussuunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa esimerkiksi märkätilojen sijoitteluun, sillä ulkoseinälle sijoitettu märkätila pattereineen ja putkituksineen todettiin huomattavasti kalliimmaksi kuin tavallisen asuinhuoneen vastaava.

Vesijohtoverkoston tapauksessa suunnittelijalla on käytössään eri järjestelmien tunnusluvut sopivan järjestelmän valitsemiseksi. Hänellä on tuotu myös tietoa kalustevalintojen vaikutuksesta, asennustavan vaikutuksesta sekä märkätilojen sijoittelun vaikutuksista. Mikäli tavoitekustannus ylittyy, voidaan vesijohtoverkoston kustannuksia alentaa siirtämällä märkätilat lähemmäksi runoverkkoa, jolloin putkimetrit vähenevät, tai valitsemalla erilaiset vesikalusteet voidaan myös vaikuttaa kustannuksiin.

Taloteknisten suunnitelmien osalta ehdotusvaihe etenee niin, että vaiheen alussa valitaan toteutettava järjestelmä vertailutietojen pohjalta. Järjestelmävalinnan jälkeen suunnittelijat laativat sovitut mallitilojen suunnitteluratkaistut valittujen järjestelmätyyppien pohjalta. Näiden mallitilojen, sekä arvioitujen yhteistilojen, pohjalta laaditaan kustannusarviot neliö-, asunto- ja virtaamapohjaisten tunnuslukujen avulla. Mikäli hinta alittaa tällöin tavoitekustannuksen, voidaan siirtyä yleissuunnitteluvaiheeseen. Muulloin tulee järjestelmät valita uudestaan tai pyrkiä muokkaamaan mallitilojen suunnitelmia kustannuksiltaan sopivammiksi. Edellä mainitun perusteella siis ehdotussuunnittelu päättyy siihen, että ehdotussuunnitelmat hyväksytään.

Hyväksytyt suunnitelmat on niistä ratkaisuksista jotka täyttävät asetetut tavoitteet, myös tavoitehinnan.

*Taulukko 26. Ehdotussuunnitteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Ehdotetaan tavoitteet täyttävät suunnitteluratkaisut ja valitaan toteutustapa
LVI-suunnittelijan tehtävät	Järjestelmävalinta, mallitilan suunnitteluratkaisut, kustannusarvio
Käytettävät työkalut	Pinta-aloihin, virtaamiin ja kalustemääriin pohjautuvat tunnusluvut, Broker Estimate sekä Big Room

### 6.1.5 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa (taulukko 27) hyväksytyistä ehdotussuunnitelmista laaditaan toteutuskelpoiset suunnitelmat. Rakennuttajan sekä projektiryhmän tehtävänä on ohjata suunnittelua niin, että se täyttää hankkeelle asetetut vaatimukset. Yleissuunnittelu ja ehdotussuunnittelu voi olla osittain päällekkäinen vaihe. Suunnittelu voi edetä niin, että ensin työestetään mallitilaa. Mallitilan suunnitelmien edettyä toteutusvaiheeseen, voi ehdotusvaiheeseen edetä esim. kellarikerroksen tai vaikka vesikaton osalta.

Yleissuunnitteluvaiheessa projektiryhmän on syytä kokoontua tarkastelemaan suunnittelun etenemistä ja ratkaisemaan mahdollisia ongelmia. Yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelualojen keskinäiset vertailut tulevat tärkeään rooliin parhaan mahdollisen toteutustavan löytämiseksi. Tällöin on syytä ratkaista asiat kokoontumalla yhteen tilaan. Näin ongelmanratkaisu helpottuu ja kaikki voivat yhteisymmärryksessä tehdä päätöksen tavasta jolla edetään. Yleissuunnitteluvaiheessa on myös tärkeää seurata kustannusten kehittymistä suunnitelmien edetessä. Tällöin voidaan pohtia erilaisten tuoteratkaisujen vaikutusta kustannuksiin ja valita sopivat ja suunnittelussa käytettävät tuotteet ja laitteet.

Yleissuunnittelussa talotekniikan suunnittelija tarkentaa valitun toteutustavan mukaiset liittymäratkaisut, mallitilojen suunnitelmat ja pääreitit niin, että suunnitelmat kattavat koko hankkeen laajuuden. Suunnitelmat laaditaan siihen tarkkuuteen että pääjärjestelmistä pystytään tuottamaan mitoituslaskelmia ja suunnitelmien avulla voidaan hakea rakennuslupaa. Lisäksi tehtäviin kuuluu sisäilmaolosuhteiden ja valaistuksen havainnollistamista laskelmin sekä suunnitteluratkaisun perusteella tehty energian tavoitekulutuksen laskenta.

Tässä vaiheessa myös tarkennetaan kustannuslaskelmia niin että ne vastaavat suunnitelmia. Yleissuunnitteluvaiheessa järjestelmät sekä valinnoista aiheutuvat massat ovat tiedossa, jolloin investointikustannuslaskelma tarkennetaan vastaamaan suunniteltuja massoja Broker Estimaten avulla. Suunnitelmien tarkkuudesta riippuen tulee kustannusarviossa huomata puutokset ja tarkentaa sitä kokemukseen perustuen. Järjestelmien ollessa jo tiedossa, voidaan tarvittaessa laatia elinkaarikustannuslaskelma sen hetkisillä tiedoilla.

Yleissuunnitteluvaiheen lopussa on syytä tarkastaa pysyminen tavoitekustannuksessa. Mikäli kustannus on jostain syystä ylittymässä, tulee ennen vaiheen päättymistä löytää keinot kustannuksen alittamiseksi. Oleellista on, että vaihetta ei voi päättää ennen kuin kustannuksissa pysyminen on tarkasteltu.

Yleissuunnitteluvaiheessa kaikkien suunnittelualojen suunnitelmat saatetaan sellaiseen tarkkuuteen, jolla hankkeelle pystytään hakemaan rakennuslupa. Yleissuunnitteluvaiheen päättävät hyväksytyt toteutussuunnitelmat, joiden perusteella hankkeelle voidaan hakea rakennuslupa.

*Taulukko 27. Yleissuunnitteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Suunnitelmista laaditaan toteutuskelpoiset versiot
LVI-suunnittelijan tehtävät	Suunnitelmat laaditaan kattamaan koko hankkeen laajuus, mitoituslaskelmia, kustannusarvio
Käytettävät työkalut	Broker Estimate ja Big Room

### 6.1.6 Rakennuslupatehtävät

Rakennuslupatehtäviin (taulukko 28) kuuluu kaikkien tarvittavien lupien edellytysten selvittäminen, niiden esittäminen suunnitelmissa ja lupien hakeminen. Lisäksi suunnittelijoiden kelpoisuus kuuluu varmistaa ja esittää rakennuslupan liitteenä. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tehtäviin kuuluu lupa-asioista huolehtiminen. Suurin osa lupa-asioista on lakisääteisiä velvollisuuksia. Lisäksi tehtäviin kuuluu ilmoittaa rakennuspaikan naapureille sekä itse rakennuspaikalla rakennuslupahakemuksesta.

Rakennuslupadokumenttien valmistelussa projektiryhmän on syytä kerääntyä yhteen tarkistamaan ja yhteen sovittamaan dokumentit, jotta rakennuslupan hakemisprosessi olisi mahdollisimman mutkaton. Näin myös tarvittavien erilaisten selvitysten ja kannanottojen saaminen rakennuslupa-asiakirjoihin helpottuu.

Rakennuslupatehtävät katsotaan päättyneeksi kun rakennukselle on myönnetty rakennuslupa.

*Taulukko 28. Rakennuslupatehtävävaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Vaadittavien lupien edellytysten selvittäminen ja rakennuslupan hakeminen
LVI-suunnittelijan tehtävät	Taloteknisten dokumenttien laadinta rakennuslupaa varten
Käytettävät työkalut	-

### 6.1.7 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa hyväksytyt yleissuunnitelmat työstetään sellaiseen muotoon, että niiden avulla voidaan pyytää urakkatarjoukset ja toteuttaa rakentaminen onnistuneesti. Pyydettyvät urakkatarjoukset riippuvat kohteesta ja sen luonteesta. Toteutussuunnittelu alkaa ennen rakentamista mutta usein toteutussuunnittelua sisältyy myös rakentamisvaiheeseen muutoksien ja täydentävien suunnitelmien takia. Rakennuttajan ja muun projektiryhmän tehtäviin kuuluu edelleen valvoa suunnittelua ja ohjata se haluttuun tavoitteeseen niin esteettisesti, ympäristöllisesti, teknillisesti kuin taloudellisestikin. Toteutussuunnittelun tarkoitus ja tehtävät on esitetty taulukossa 29.

Toteutussuunnitteluvaiheessa projektiryhmä kokoontuu riittävän säännöllisesti seuraamaan projektin etenemistä. Toteutussuunnittelussa tulee paljon tilanteita, joissa suunnittelijoiden keskinäinen tiedonvaihto on oleellista. Tämän kaltaiset asiat on hyvä ratkaista kasvotusten ratkaisu muistioon kirjatun. Toteutussuunnitteluvaiheessa on myös syytä tarkistaa eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensopivuus tarkasti, mikäli

aikaisempien vaiheiden suunnitelmiin on tullut muutoksia. Kokoontumalla yhteen on hyvä myös seurata projektin tavoitteiden täyttymistä ja eritoten kustannuksia. Toteutussuunnitteluvaiheessa laitevalinnoilla voidaan vielä vaikuttaa kustannuksiin, mikäli niin on tarvetta.

Taloteknisen suunnittelijan tehtäviin kuuluu saattaa suunnitelmat sellaiseen muotoon, että niitä voidaan käyttää rakentamisessa sekä urakkatarjousten pyytämisessä. Tämä tarkoittaa kanava-, putki- ja johtoreittien yhteensovittamista muiden suunnittelijoiden kanssa ja erilaisten päätelaitteiden sijoittelun varmistamista. Lisäksi toteutussuunnitteluvaiheessa tulee viimeistään määritellä tuotteet sillä tarkkuudella, että vaatimukset täyttävien laitteiden hankinta onnistuu. Reitityksen varmistamisessa tulee tarkastella muiden suunnittelijoiden suunnitelmia ja sovittaa suunnitelmat yhteen sekä laatia varauspiirustukset. Muita tehtäviä ovat energiankulutuksen laskenta, mahdollisen ympäristöluokituksen edellyttämät tehtävät ja kustannusarvion laadinta.

Toteutussuunnitteluvaiheen päättyessä suunnitelmat sisältävät kaiken tarvittavan tiedon, joten niiden perusteella saadaan laadittua tarkka kustannusarvio. Kustannusarvio tehdään Broker Estimate ohjelmalla ja sitä tehdessä huomioidaan markkinoiden rahoitustilanteen ym. muuttujat jotka vaikuttavat kustannuksiin. Lisäksi suunnittelijan on syytä olla mukana urakkatarjousdokumenttien laatimisessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa kustannuksiin erityisesti laitevalinnoilla, joiden tulisi olla ensisijainen keino kustannusten muokkaamisessa. Myöskään toteutussuunnitteluvaihetta ei voi päättää, ennen kuin alitetaan tavoitekustannus.

Toteutussuunnittelu päättyy, kun suunnitelmat on todettu riittäviksi ja ne hyväksytään.

*Taulukko 29. Toteutussuunnitteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Yleissuunnitelmat muokataan toteutuskelpoisiksi ja urakkalaskentavalmiuteen
LVI-suunnittelijan tehtävät	Suunnitelmien tarkentaminen, laitteiden määrittely, ristiinvertailu, varauspiirustukset, kustannusarvio
Käytettävät työkalut	Broker Estimate ja Big Room

### 6.1.8 Rakentamisen valmistelu

Rakentamisen valmisteluvaiheessa (taulukko 30) kilpailutetaan urakat ja hankinnat ja valitaan niiden toteuttajat. Valittavia urakoitsijoita ovat tietenkin ne pienet urakoitsijat, jotka eivät ole osana projektiryhmää. Se voi olla vaikka talotekniikkaurakoitsija tai muu vastaava. Rakentamisen valmisteluun liittyy myös lakisääteisiä velvollisuuksia, kuten se että rakennushankkeeseen ryhtyvän on varmistettava rakennusluvan ehtojen täyttyminen ja lisäksi on varmistettava että rakennus on suunniteltu ja tullaan rakentamaan voimassa olevien määräysten mukaisesti. Tässä vaiheessa myös nimetään hankkeen päätoteuttaja sekä mahdolliset muut toteuttajat. Lisäksi lakisääteiset henkilönimitykset tulee tehdä, kuten esimerkiksi vastaavien työnjohtajien nimeäminen.

Projektiryhmä voi rakentamisen valmisteluvaiheessa kokoontua varmistamaan että edellytykset rakentamiselle on olemassa, tarvittavat luvat on noudettu ja suunnitelmat ovat rakentamiskelpoisia.

Taloteknisten suunnittelijoiden tehtävänä rakentamisen valmisteluvaiheessa on viranomaisyhteydet ja niihin liittyvien suunnitelmien täydennys sopiviksi. Tärkein



tehtävä suunnittelijalla on suunnitelmien hyväksyttäminen viranomaisella, jotta rakentaminen voi alkaa. Muutoin suunnittelijan tehtävänä voi olla urakkaneuvotteluihin tai sopimusten tekoon osallistuminen.

Rakentamisen valmistelu päättyy rakentamispäätökseen. Rakentamispäätöksen perustana on oltava alittunut tavoitekustannus.

*Taulukko 30. Rakentamisen valmisteluvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Kilpailutetaan mahdolliset loput urakat ja hankinnat sekä valitaan loput toteuttajat
LVI-suunnittelijan tehtävät	Suunnitelmien hyväksyttäminen viranomaisilla
Käytettävät työkalut	-

### 6.1.9 Rakentaminen

Rakentamisvaiheessa rakennuttajan tulee projektiryhmän avustuksella varmistaa että rakennussuoritus täyttää hankkeelle asetetut tavoitteet sekä sopimuksenmukaisuuden. Lisäksi rakennuttajalla on monia lakisääteisiä velvoitteita, jotka tulee asianmukaisesti hoitaa rakennusaikana. Rakentamisen seuranta ja aikataulussa pysymistä on syytä seurata. Asioiden etenemistä ja ongelmien ratkaisua varten pidetään usein työmaakokouksia. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu myös täydentävien sekä rakennusaikaisten muutosten suunnitelmien teettäminen, rakennustöiden ohjaaminen ja valvonta sekä vastaanottoon liittyvät tehtävät.

Projektiryhmän on usein syytä kokoontua joko ennen tai jälkeen työmaakokousten, jolloin mahdolliset ongelmat ja muutostarpeet tulevat myös heidän tietoonsa. Tällöin muutosten vaikutukset esim. kustannuksiin saadaan nopeasti tarkistettua ja tarvittaviin taloudellisiin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Projektiryhmän ei kuitenkaan tarvitse osallistua itse työmaakokouksiin, vaan heidän on varmistettava että sinne osallistuu edustaja, joka osaa välittää tarvittavan tiedon molempiin suuntiin.

Taloteknisen suunnittelijan tehtäviin kuuluu rakennusaikana urakoitsijoiden valitsimien laitteiden teknisen kelpoisuuden hyväksyminen, käytettävien tuotteiden vaatimusten täytyminen sekä mahdollisten laiteosasuunnitelmien kelpoisuuden varmistaminen. Kun urakoitsijoiden valitsemat laitteet on hyväksytty, tulee energialaskenta päivittää vastaamaan todellisia laitevalintoja ja tuotteita. Myös kiinteistön huoltokirjaan vaadittavat dokumentit ja tiedot tulee toimittaa rakennuttajalle rakennusaikana. Muita taloteknisen suunnittelijan tehtäviä voi olla mm. urakoitsijapalaveriin osallistuminen, valittujen laitteiden ja toteutustyylien mukainen energian tavoitekulutuksen laskenta ja olosuhdelaskenta. Myös erilaisten tarkastusten, kuten urakkasuoritusten tekninen tarkastus, tekeminen voi kuulua suunnittelijan tehtäviin.

Rakentamisen aikaisia kustannusmuutoksia voidaan seurata Broker Estimate ohjelmalla. Näin ollen mahdollisesti muuttuneen toteutustavan kustannuksen voidaan arvioida. Lisäksi jos tuotteita vaihdetaan, voidaan niiden hintaerot huomioida. Vesijohtojen kohdalla on laadittu laskelma asennustavan vaikutuksesta kustannuksiin ja aikatauluun. Tätä työkalua voidaan hyödyntää, mikäli aikataulussa todetaan hankaluuksia. Hitaampi asennustapa voidaan korvata nopeammalla tai päinvastoin, riippuen minkälaista vaikutusta haetaan. On kuitenkin huomioitava, että vaikutukset kustannuksiin rakennusaikana ovat hyvinkin pienet, vaikutuksia voi lähinnä olla aikataulullisissa seikoissa (Lindholm 2009.).

Rakentaminen päättyy vastaanottotarkastukseen ja sen pohjalta tehtyyn vastaanottopäätökseen.

Rakentamisvaiheen tarkoitus sekä pääasialliset LVI-suunnittelijan tehtävät on esitetty taulukossa 31.

*Taulukko 31. Rakentamisvaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Varsinaisen rakennusprosessin läpivienti
LVI-suunnittelijan tehtävät	Laitehyväksynät, suunnitelmamuutokset, huoltokirja
Käytettävät työkalut	-

### 6.1.10 Käyttöönotto

Käyttöönottovaihe (taulukko 32) on urakan vastaanoton jälkeinen vaihe, jossa varmistetaan rakennuksen suunnitelmien mukainen toimivuus ja tarvittaessa ohjataan ja neuvotaan rakennuksen käytöstä vastaavia tahoja. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu varmistaa isännöinti- ja huoltopalveluiden toimivuus ja heidän asianmukainen opastus sekä luovutusdokumenttien toimittaminen.

Käyttöönottovaiheessa projektiryhmän on syytä kokoontua ja tarkastella hankkeen onnistumista. Käyttöönottovaiheessa on jo edellytykset mittaroida hankkeen onnistumista, kun lähes kaikki asiat ovat jo selvillä. Esimerkiksi taloudellisten seikkojen ja teknisten ratkaisujen onnistumista on jo käyttöönottovaiheessa hyvä tarkastella ilmenneiden seikkojen valossa.

Talotekniset suunnittelijat vastaavat käyttöönottovaiheessa luovutuspiirustuksista, joko laatimalla ne itse tai tarkastamalla urakoitsijoiden laatimat piirustukset. Tehtäviin voi kuulua myös jälkitarkastuksiin osallistuminen, ja käytön sekä huollon opastaminen ylläpitäville tahoille. Käyttöönottovaiheessa on myös hyvä tarkastella lopputuloksen suunnitelmienmukaisuutta ja raportoida mahdollisista eroavaisuuksista ja niiden syistä. Lisäksi suunnitelmat arkistoidaan niin, että niistä saadaan dataa käytettäväksi tunnuslukujen laadinnassa. Myös toteutuneet kustannukset kirjataan.

*Taulukko 32. Käyttöönottovaiheen tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Rakennuksen toimivuuden varmistaminen
LVI-suunnittelijan tehtävät	Luovutuspiirustukset, jälkitarkastukset, suunnitelmien dokumentointi
Käytettävät työkalut	-

### 6.1.11 Takuu aika

Takuu aika on rakennuksen käyttöönoton jälkeistä aikaa, jolloin rakennus on todellisessa käyttötarkoituksessaan. Takuu aikana seurataan edelleen rakennuksen toimivuutta ja mikäli tarvetta ilmenee, niin korjataan esiintyvät puutteet ja viat. Puutteiden löytämiseksi takuu aikana järjestetään erilaisia tarkastuksia. Takuu aikana pidetään lain mukaiset välitarkastukset. Rakennuttajan on hyvä myös kerätä palaute rakennuksen käyttäjiltä ja urakoitsijoilta oman toimintansa kehittämiseksi.

Takuu aikana projektiryhmän on syytä kokoontua tarkastamaan hankkeen onnistumista. Tässä vaiheessa myös projektiorganisaatio puretaan, vaikka takuu aikaa olisikin jäljellä. Takuu aikana projektin tavoitteiden täyttyminen voidaan todeta. Mikäli jokin asetelluista

tavoitteista ei ole täytynyt on syytä tarkastella ongelmaa ja pohtia syitä, jotta jatkossa ongelmilta vältytään. Myös rakennuttajan keräämä palaute eri tahoilta on syytä tuoda esiin. Projektin onnistumisista ja epäonnistumisista on syytä kirjata muistio. Kun kaikki tarvittavat asiat on kirjattu, on hankkeen omistajan syytä purkaa projektiorganisaatio. Mahdollisia takuuajana myöhemmin ilmeneviä seikkoja tulee jatkossa käsitellä asianosaisten kesken.

Talotekniset suunnittelijoiden tehtäviin voi kuulua takuutarkastuksiin osallistuminen. Tämä tarkoittaa erilaisten takuuajana ilmaantuneiden teknisten ongelmien ratkaisua ja virheiden sekä puutteiden mahdollisia korjaamisia. Muita tehtäviä voi olla esimerkiksi toiminnallisuuden seuraaminen ja energiankulutuksen laskenta.

*Taulukko 33. Takuuajan tarkoitus, tehtävät ja työkalut*

Vaiheen tarkoitus	Rakennuksen toimivuuden seuranta
LVI-suunnittelijan tehtävät	Takuutarkastuksiin osallistuminen
Käytettävät työkalut	-

## 6.2 Vaikutukset suunnitteluun

Uudistetun suunnitteluprosessin ei ole tarkoitus lisätä suunnittelijan työmäärää suuresti. Prosessi kuitenkin edellyttää LVI-suunnittelijalta kustannustietoutta ja hieman erilaista roolia prosessissa. Työkalut on tarkoitettu nopeasti ja helposti käytettäväksi, jolloin niiden käyttöön kuluva työaika ei ole ongelma niiden onnistuneelle käytölle. Myös vaikutukset ns. perussuunnitteluun on tarkoitus pitää vähäisenä. Kaiken kaikkiaan uuden toimintatavan myötä suunnittelun laatu paranee.

Perussuunnittelulla tarkoitetaan tässä tapauksessa järjestelmien tasokuvien laatimiseen liittyvää työtä eli piirustusten laadintaa. Vaikutukset tähän ovat vähäisiä, mutta mallintaminen ja tuotetietojen oikeanlaisuus vaatii suunnittelijalta ajankäyttöä. Tämä ajankäyttö on kuitenkin tarpeen ja se poistaa ongelmakohtia käytössä olevasta suunnittelutavasta, kun suunnitelmien sisältö vastaa todellisuutta ja tarkkuuden myötä ristiriitaisuudet vähenevät.

Uuden prosessin myötä varsinainen suunnittelija tulee mukaan aikaisemmin. Useammat vaiheet myös selkeyttävät aikatauluja. Aikaisemmin mukaan tulevat suunnittelijat on myös helpompi saada sitoutumaan aikatauluun. Prosessin jako pienempiin palasiin poistaa päällekkäistä ja ennen aikaista työtä, poistaen hukka-aikaa. Aikataulutukset kuitenkin vaatii myös enemmän sitoutumista. Yhden suunnittelualan myöhästymisen saattaa vaikuttaa paljon koko prosessin läpivientiin.

Prosessiin tuodaan myös useampi piste, jossa tehdään kustannusarvioita tai laskelmia. Kaikkien työkalujen käytöstä vastaa vastaava suunnittelija, joka on osa projektiryhmää. Työkalujen käyttäjä voi kuitenkin olla myös muu suunnittelija varsinkin kustannuslaskentatyökalujen osalta. Näissä tapauksissa käyttäjän on tunnettava työkalun taustat ja eritoten Broker Estimatea käytettäessä vaatii se ohjelmiston käytön osaamista.

Todellisuudessa varsinaiseen suunnitteluun ei tule hirveästi muutoksia, tekotapa vain hieman muuttuu. Tämän tulisi helpottaa ajattelumaailman käyttöönottoa ja sen sisäistämistä. Toki kaikkien suunnittelijoiden tulee sisäistää entistä tarkemmin hankkeen tavoitteet ja sitoutua niihin.

### 6.3 Palkkiomalli

Nykyisessä toimintamallissa on jo aiemmin todetun mukaisesti jokaisella osapuolella omat palkkionsa, joka sisältää korvauksen tehdystä työstä ja sen myötä myös katteen tehdyille työlle. Näin ollen jokainen taho tarkkailee taloudellisessa mielessä vain omaa menestystään ja pyrkii maksimoimaan omat tulonsa omalla työpanoksellaan. Muiden panoksella ei ole juurikaan väliä toisten taloudelliseen menestykseen. Ja jo aiemmin todetun mukaisesti tämä ei palvele lopputulosta, vaan päinvastoin, se saattaa heikentää lopputulosta ja lisäksi aiheuttaa ongelmia projektiryhmän työskentelyssä.

Target costing ajatusmaailman mukaisen toiminnan aikaansaamiseksi tulee tästä tavasta päästä eroon. Tapa on muutettava palvelemaan paremmin projektia, joka voi samalla palvella paremmin myös sen osapuolia. Nykypäivänä taloudellinen näkökulma on vahvimmin esillä ja sen avulla mitataan niin hankkeen kuin sen osapuoltenkin onnistumista. Kaikessa toiminnassa taustalla on raha ja se tulee todennäköisesti olemaan taustalla myös jatkossa. Näin ollen taloudelliset seikat on muutettava muotoon, joka palvelee esitettyjä ajatustapoja ja mahdollistaa target costing-ajattelun mukaisen hankkeen läpiviemisen.

Ehdotukseni on muokata taloudellista ajattelua niin, että koko projektilla on vain yksi ”kassa”. Projektin kassa tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että kaikki siihen kulutettavat rahat ovat yhtenä yksikkönä, joka annetaan projektiryhmän käyttöön. Kassaa voidaan kuvitella ajatuksena olevan seuraavan lainen: ”tässä teille miljoona euroa, rakentakaa asuintalo”. Tällöin esim. sijoittaja antaa tehtäväksi konsulttiryhmälle rakennuttaa rahasummaa vastaava mahdollisimman laadukas ja heidän vaateisiinsa perustuva rakennus. Tässä mallissa tuo koko nimetty rahasumma edustaa kustannusta, joka kuluu koko projektin läpiviemiseen suunnittelusta rakentamiskustannuksiin. Näin ollen projektiryhmän tehtävänä on määritellä summan puitteissa tavoitekustannus ja heidän tavoittelemansa kate. Vastaavasti voidaan perustaa projektiryhmä, jonka tehtävänä on rakennuttaa vaatimusten mukainen rakennus. Tällöin projektiryhmän tehtävänä on muodostaa hankkeelle tavoitekustannus target costing-mallin mukaisesti.

Tavoitekustannus siis sisältää kaikki kulut suunnittelusta rakentamiseen ja se sisältää siten myös suunnittelijoiden palkkiot. Suunnittelijoiden työ määrä määritellään vanhan tavan mukaisesti suunnittelualakohtaisesti, mutta työtunteja ei jaeta erikseen suunnittelualoille vaan ne pidetään koko suunnitteluryhmän laajuudessa. Näin koko ryhmällä on tietty määrä tunteja käytettävänä mikä edesauttaa yhteistyötä suunnittelualojen välillä. Edellä kuvatulla tavalla yhden osapuolen suunniteltua hitaampi suoriutuminen voidaan paikata toisen suunnittelualan ripeämmällä toiminnalla.

Kaikkien osapuolien tavoitteena on saavuttaa tavoitettu kate hankkeessa, ja sen saavuttamista pidetään perussuorituksena. Alussa määritelty kate on jaettu tasan kaikille osapuolille oletetun tuntikäytön mukaisesti, jolloin jokaisen työtunnille tulee samalla lailla arvoa. Hankkeen yhteinen kassa myös mahdollistaa hyvän suorittamisen palkitsemisen, ja target costing mallissa katteen ylittävä osuus voidaan jakaa osapuolilla bonusrahana samoin jaoin kuin alkuperäisenkin kate. Näin ollen koko projektiryhmän yhteisellä hyvällä työsuorituksella voidaan saada kaikille osapuolille hyvää, kun vanhassa mallissa jokainen tarkasteli vain omaa bonusrahaansa. Tavoitekatteen ylittäminen vaatii projektiryhmän yhteistyötä, sillä se vaatii toimintatapoja, joilla joko säästetään aikaa tai sitten innovoidaan uutta, mikä nopeuttaa tai tehostaa rakentamista. Näin ollen palkkionjako ajaa myös innovointiin yli suunnittelualarajojen.

Vastaava malli toimii myös riskienjakamisessa. Nyt jokaisella osapuolella on riskinä oman suunnittelusopimuksensa puitteissa tapahtuva tulonmenetys ja mahdolliset korvaukset virheistä. Esitetyssä mallissa myös virheet ovat projektiryhmän yhteisiä, jolloin mahdolliset virhemaksut yms. jaetaan edelleen koko projektiryhmälle. Rakentamisen kannalta hankalina aikoina riskien jakaminen voi myös olla kannattavaa ja rohkaisevaa rakennushankkeeseen ryhtymiseen, kun riskinotto pienenee.

## 6.4 Toimintamalli

Aiemmin kuvaillut toimintatavat ja seikat muodostavat toteutuessaan target costing-suunnitteluprosessin. Ehdotetut toimintatavat kuitenkin ovat hyvinkin lähellä allianssiurakkamallia. Myös allianssiurakassa koko projektiryhmä urakoitsijoiheen, suunnittelijoiheen ja tilaajineen kootaan hankkeen alkuvaiheessa yhteen. Allianssimalli on kehitetty jakamaan urakan riskit sekä tuottamaan innovatiivisia kaikkia osapuolia hyödyntäviä ratkaisuja, jotka edesauttavat prosessin läpiviemistä. Allianssimalli on kuitenkin nimenomaan urakkamuoto, jossa työvälineinä on paljon edellä kuvattuja tavoitekustannusajattelumallin mukaisia työkaluja. (Lahdenperä 2009.)

Allianssimalli on alun perin Australiassa kehitetty urakkamalli hankalien kohteiden toteuttamiseksi. Siinä peruseriaatteina on avoimuus, läpinäkyvyys, luottamus sekä yhteinen päätöksenteko, kuten myös työssä kuvatussa tavoitekustannusmallissa. Suomeen allianssimalli rantautui 2000-luvulla ja ensimmäinen toteutettu hanke oli vuosina 2010–2011 liikenneviraston toimeenpanema ratahanke välillä Lielähti – Kokemäki. Allianssi on käytetty eritoten suurissa infrahankkeissa, mutta nykyisin sitä sovelletaan myös rakennusprojekteissa. Allianssimallille on ominaista myös se, että se on käytössä kalliissa hankkeissa. (Lahdenperä 2012.)

Toimintamallina on järkevää pitää jo kehitettyä mallia, jonka kehitys ja käyttö ovat jatkuvasti kasvavaa. Allianssimallin yhtenä kantavana ajatuksena on tavoitekustannusajattelun mukanaan tuomat työtavat, jolloin mallin hyödyntäminen on helppoa. Työ esittääkin siksi LVI:n osalta tärkeitä ja huomioitavia asioita, joita hyödyntämällä toimintamallin menestyksekkäs käyttäminen onnistuu.

Tavoitekustannusajattelua voidaan hyödyntää rakennusprojektin sisällä myös kohdennetusti, mikäli sille on erityistä tarvetta. Näin ollen kyseessä voi olla jokin toinen toimintamalli, kuin edellä esitetty allianssimalli, mutta silti LVI-tekniikan osalta voidaan hyödyntää tavoitekustannusmallia. Toki koko rakennuksen muodostaessa kokonaisuuden on sitä järkevää myös tarkastella sellaisena.

## 7 Johtopäätökset

Työssä tutkittiin tavoitekustannusajattelun soveltumista asuinrakennusten talotekniseen suunnitteluun. Tavoitekustannusajattelun periaatteena käytettiin Japanissa autoteollisuudessa kehitettyä target costing ajattelutapaa, jota on sovellettu onnistuneesti esim. autonvalmistusteollisuudessa sekä muissa tuotteita valmistavissa teollisuudessa. Tavoitekustannusprosessi pyrittiin esittämään talotekniseen suunnitteluun muokatussa muodossa, jolla ajattelutavan periaatteet voidaan tuoda esiin. Työssä esitettiin työkaluja target costing prosessissa käytettäväksi sekä paneuduttiin kustannusten muodostumiseen ja niiden erilaisiin arviointi ja seurantamenetelmiin hankkeen eri vaiheissa.

Työn tuloksena voidaan esittää tavoitekustannusajattelun soveltuvan rakennusprojektiin kokonaisuudessa sekä talotekniikan osalle. Tavoitekustannusajattelun soveltumista rakennusprosessiin tukee käytetty lähdetutkimus. Talotekniikan osalta soveltuvuutta tarkasteltiin lähinnä LVI-järjestelmien osalta. Tärkeimpänä yksittäisenä seikkana on vallalla olevan yleisen ajattelumallin muuttaminen palvelemaan hankkeen lopputulosta. Nykyinen toimintatapa ajaa jokaisen hankkeen tahon ajattelemaan omaa taloudellista etuaan sekä omaa suunnittelutulostaan, mikä ei välttämättä ole hankkeen lopputuloksen kannalta paras mahdollinen tilanne. Hankkeen osapuolet tulisi saada tiiviimpään yhteistyöhön myös taloudelliselta kantilta, jolloin yhteistyö palvelisi projektia, eikä yksittäisen tahon omaa suoritusta.

Työn tuloksena esitettiin kustannusten tarkastelun eri tavat hankkeen eri vaiheissa sekä muutamia työkaluja, joita prosessin läpiviemi tavoitekustannusajattelun mukaan vaatii.. Kustannusten tarkastelua varten käytettiin vanhojen suunnitelmien tuottamaa kustannusta LVI-järjestelmistä. Niiden avulla voitiin määrittää järjestelmien kustannukset asennustöineen. Näiden saatujen kustannuksien avulla voitiin tuottaa kustannustietoa eri muodoissa, joilla voidaan arvioida taloteknisten järjestelmien kustannuksia hankkeen eri vaiheissa.

Tämän lisäksi hankkeen läpiviemisen kannalta oleellisina työkaluina esitettiin Big Room työskentely sekä tietomallinnus. Big Room työskentely on myös Japanissa kehitetty työskentelytapa jossa hankkeen osapuolet kokoontuvat samaan tilaan työskentelemään ja ratkomaan esiin tulleita haasteita. Big Room työskentely korvaa osittain vanhoja suunnittelukokouksia. Ne lisävät hankkeen osapuolien yhteistyötä ja ongelman ratkaisunopeutta projektissa. Tietomallintaminen nostettiin esiin, sillä se parantaa huomattavasti suunnitelmien laatua ristiriidattomuuden kautta. Lisäksi se auttaa suunnittelijoita suunnitelmiansa visualisoinnissa ja selkeyttämisessä muille osapuolille. Se on myös yhteinen standardi kaikille osapuolille, jolloin tieto on kaikkien saatavilla selkeässä ja havainnollisessa muodossa lähes realistisesti.

Tavoitekustannusprosessin hyödyntäminen oikeissa hankkeissa vaatii vielä jatkotutkimusta. Tässä työssä referenssinä käytettyjen suunnitelmien tuottama tieto on liian vähäistä tarkkojen kustannustunnuslukujen määrittämiseen. Kuten työssä on esitetty, tulee valmistuneista aina kerätä kustannustieto talteen ja luokitella se sopivasti jatkokäyttöä varten. Kustannustiedon kasvaessa voidaan niitä hyödyntää kustannusten ennustamisessa. Lisäksi tavoitekustannusajattelun laaja käyttö vaatii kokonaisuudessaan uuden ajatus- ja työtavan jalkauttamista asuinrakentamiseen, jotta nyt käytössä olevan tavan rinnalla edes kokeiltaisiin tavoitekustannusajattelun mukaista prosessia kokonaisuudessaan. Esimerkiksi ajatus yhteisen projektikassan käytöstä voi aiheuttaa ongelmia. Tämän muutoksen läpivieminen tulee vaatimaan aikaa sekä halua, sillä nykyisellään hankkeen osapuolien keskinäiset sopimukset ovat vielä suurilta osin vanhan tavan mukaisia.

## Lähdeluettelo

Kilpeläinen Johannes, Hankintainsinööri, NCC Rakennus Oy, haastattelu 25.4.2015.

Lindholm M., V. 2009. Kustannushallinta Rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia. 56 s. ISBN 978-952-5785-00-5

Vuorela, K., Urpola, J., Kankainen, J., V. 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo: Jasur. 164 s. ISBN: 952-91-3772-9

Monden, Y., Hamada, K., V. 1991. Target and Kaizen Costing in Japanese Automobile Companies. Journal of Management Accounting Research, Vol. 3, Fall, 16-34

Sakurai, M., V. 1989. Target costing and how to use it. Journal of Cost Management, Summer, 39-50

Cooper, R., Kaplan, R., Maisel, L., Morrissey, E., Oehm, R., V 1992. Implementing Activity Based Cost Management: Moving From Analysis to Action. Montvale, NJ; Institute of Management Accountants, 336 s. ISBN: 978-086-6412-06-3

Kee, R., V 2010. The sufficiency of target costing for evaluating product-related decisions. International Journal of Production Economics, Volume 126, August, 204-211.

Gagne, M. L., Discenza, R, V. 1995. Target costing. Journal of Business & Industrial Marketing, Vol 10, s. 16-22.

Pennanen, A., Ballard, G., V. 2008. Determining Expected Cost in Target Costing Process. 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK, 16-18 July, s. 589-600.

Nicolini, D., Tomkins, C., Holti, R., Oldman, A., Smalley, M., V. 2000. Can Target Costing and Whole Life Costing be Applied in the Construction Industry?: Evidence from Two Case Studies. British Journal of Management, Volume 11, Issue 4, s. 303-324.

RT-10827 Asuntosuunnittelun tehtäväluettelo, V. 2004. Helsinki: Rakennustieto.

LVI 03-10523 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12, V. 2013. Helsinki: Rakennustieto.

LVI 03-10242 Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo TATE 95, V. 1995. Helsinki: Rakennustieto.

Pennanen, A., Ballard, G., Haahtela, Y., V. 2011. Target costing and designing to targets in construction. Journal of Financial Management of Property and Construction, Vol. 16 Issue 1, s. 52 – 63.

Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus 2014-2016, V. 2014. Helsinki: LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TY ry ja Rakennusliitto ry.

Verohallinto, Sosiaalimenojen aktivointi, Käyty 19.9.2015. [http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat\\_veroohjeet/Verohallinnon\\_ohjeet/2002/Sosiaalimenojen\\_aktivointi%2810190%29](http://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Verohallinnon_ohjeet/2002/Sosiaalimenojen_aktivointi%2810190%29)

Rakennusteollisuus, Rakentamisen suhdanteet, Elokuu 2015, Käyty 19.9.2015. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaukset/2015/elokuu-2015/ennustetaulukko-elokuu-2015.pdf>

Liker, J. K., V. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi. s. 323. ISBN 978-952-220-226-0

Aasland, K. E., Blankenburg, D. V. 2012. An analysis of the uses and properties of the Obeya. Conference proceedings of the 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation.

Lahdenperä, P. V. 2012. Allianssitiimin valinta – Ensimmäisen hankkeen menettelyt ja allianssitiimin valinta. Espoo: VTT. s. 44. ISBN 978-951-38-7850-4

Lahdenperä, P. V. 2009. Allianssiurakka – Kilpailullinen yhden tavoite kustannuksen menettely. Espoo: VTT. s. 74. ISBN: 978-951-38-7286-1

Smith, D., V 2007. An Introduction to Building Information Modeling (BIM). Journal of Building Information Modeling [Verkkolehti]. Fall 2007. S. 12-14. [Viitattu 16.1.2016]. Saatavissa: [http://www.wbdg.org/pdfs/jbim\\_fall07.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/jbim_fall07.pdf)

See, R., V 2007. An Introduction to Building Information Modeling (BIM). Journal of Building Information Modeling [Verkkolehti]. Fall 2007. S. 20-22. [Viitattu 16.1.2016]. Saatavissa: [http://www.wbdg.org/pdfs/jbim\\_fall07.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/jbim_fall07.pdf)

Taani, A., 2010. Lineaariset Regressiomallit. Opetusmoniste. Haaga-Helia Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 20.2.2016]. Saatavissa: <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/m/regressio.pdf>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., V. 2008. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and constructors. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 164 s. ISBN: 978-0-470-18528-5

Bryde, D., Broquetas, M., Vohlm, J. M. 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International journal of project management 31, s. 971-980.

Mellin, I., 2006. Tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi. Opetusmoniste. TKK. [Viitattu 23.2.2015]. Saatavissa: <https://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>



## **Liiteluettelo**

Liite 1. Kustannuslaskentaohjelmistolla saadut kustannukset kohteista

Liite 2. Vesijohtojen asennustapavertailu

.

## Liite 1. Kustannuslaskentaohjelmalla lasketut kustannukset kohteista

Taulukko 34. Kustannuslaskentaohjelmalla lasketut kustannukset lämmitysjärjestelmän osalta

	LÄMMITYS					
	IV-konehuone		Peruskerros		Autohalli	
	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ
Kohde 1	4065,9	527,3	43195,5	13898,3		
Kohde 2	2274,7	264,0	58641,3	14178,6	9535,4	1460,9
Kohde 3			101435,7	32741,8	5537,1	879,7
Kohde 4			60751,5	15658,2		
Kohde 5	3877,9	1407,0	47017,5	17421,2		
Kohde 6	2271,8	224,1	58610,4	25040,5		
Kohde 7			34845,7	11545,4		
Kohde 8			26346,9	10652,9		
Kohde 9			110195,1	18437,4		
Kohde 10			264872,6	37199,6		
Kohde 11			91357,5	12147,9		
Kohde 12	974,8	334,0	28792,4	10389,2		
Kohde 13			44630,2	16989,8		

Taulukko 35. Kustannuslaskentaohjelmalla lasketut kustannukset vesi- ja viemärijärjestelmän osalta

	VESI- JA VIEMÄRI					
	IV-konehuone		Peruskerros		Autohalli	
	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ
Kohde 1			118369,4	21411,1		
Kohde 2			120605,2	25985,6	26758,1	2526,4
Kohde 3			178359,0	43383,8	38845,8	3002,3
Kohde 4			128746,3	37707,6	6180,1	652,2
Kohde 5			119703,2	26341,1		
Kohde 6			123946,3	24572,2		
Kohde 7			112289,9	23649,9		
Kohde 8			82235,3	18798,6		
Kohde 9	381,7	208,0	124190,2	31155,6		
Kohde 10	1973,1	1135,6	288768,3	68412,7		
Kohde 11	136,8	128,1	74574,2	23084,0		
Kohde 12	516,5	166,7	88061,5	17431,5		
Kohde 13			72520,0	19036,3		

Taulukko 36. Kustannuslaskentaohjelmalla lasketut kustannukset ilmanvaihtojärjestelmän osalta

	ILMANVAIHTO					
	IV-konehuone		Peruskerros		Autohalli	
	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ	Materiaali	Työ
Kohde 1	52483,1	4787,7	50024,9	14422,1		
Kohde 2			118811,2	25959,9	16276,1	1869,7
Kohde 3			249000,6	45050,3	39173,3	7167,0
Kohde 4			180193,9	32123,9	30560,3	3327,2
Kohde 5	46732,6	1321,4	79914,0	26501,5		
Kohde 6	28992,7	2427,5	69334,8	23287,6		
Kohde 7			131208,6	24725,9		
Kohde 8			95771,7	14332,4		
Kohde 9	38962,0	3092,8	95289,4	23149,9		
Kohde 10	100622,8	7341,7	255769,3	62340,8		
Kohde 11	25602,8	1246,2	42953,4	15623,9		
Kohde 12	31310,4	1791,1	46778,3	14776,9		
Kohde 13	37404,6	875,5	39612,9	11705,5		

Liite 2. Vesijohtojen asennustapavertailu

Taulukko 37. Vesijohtojen eri asennustapojen kustannusvertailu

		Kohde 1		Kohde 3		Kohde 4		Kohde 2		Kohde 5		Kohde 8	
		kapillaari	puristus	kapillaari	puristus	kapillaari	puristus	kapillaari	puristus	kapillaari	puristus	kapillaari	puristus
	materiaalin hinta (€)	9066	14062	24343	35785	21994	28841	12960	15193	11380	13777	10193	13902
	työn hinta (€)	6317	5007	28327	22281	12906	10211	8088	6354	7150	5165	6838	5402
	yhteensä (€)	15383	19069	52670	58066	34900	39052	21048	21547	18530	18942	17031	19304
	työtunnit (h)	397	315	1018	801	812	642	509	400	450	325	430	340
erotus	työtunnit (h)	82		217		170		109		125		90	
	materiaalin hinta (€)	4996		11442		6847		2233		2396		3709	
	kokonaishinta (%)	3687		5396		4151		499		411		2273	
	työtunnit (%)	20,7 %		21,3 %		20,9 %		21,4 %		27,8 %		20,9 %	
säästö	materiaalin hinta (%)	35,5 %		32,0 %		23,7 %		14,7 %		17,4 %		26,7 %	
	vesijohtojen kokonaishinta (%)	19,3 %		9,3 %		10,6 %		2,3 %		2,2 %		11,8 %	
	Kokonaissäästö (h)					5,6 %						5,9 %	
	Kokonaissäästö (€)	2,6 %		2,0 %		2,4 %		0,3 %		0,3 %		2,2 %	